



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**PERBANDINGAN PERENCANAAN JALAN DENGAN
URUGAN TANAH STANDARD DAN NON-STANDARD
DI OERR (OUTER EAST RING ROAD), SURABAYA**

WILBERT YUNGNATA
NRP. 3114100111

Dosen Pembimbing I
Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc., Ph.D

Dosen Pembimbing II
Trihanyndio Rendy S., S.T, M.T

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**PERBANDINGAN PERENCANAAN JALAN DENGAN
URUGAN TANAH STANDARD DAN NON-STANDARD
DI OERR (OUTER EAST RING ROAD), SURABAYA**

WILBERT YUNGNATA
NRP. 3114100111

Dosen Pembimbing I
Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc, PhD.

Dosen Pembimbing II
Trihanyndio Rendy S., S.T, M.T

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**COMPARISON OF ROAD DESIGN WITH STANDARD
FILL AND NON-STANDARD FILL AT OERR (OUTER
EAST RING ROAD), SURABAYA**

WILBERT YUNGNATA
NRP. 3114100111

Academic Supervisor I
Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc, PhD.

Academic Supervisor II
Trihanyndio Rendy S., S.T, M.T

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil, Environment and Geotechnology Engineering
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2018

PERBANDINGAN PERENCANAAN JALAN DENGAN URUGAN TANAH STANDARD DAN NON- STANDARD DI OERR (OUTER EAST RING ROAD), SURABAYA

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh:

**WILBERT YUNGNATA
3114100111**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

- 1. Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc., Ph.D**
- 2. Trihanyndio Rendy S., S.T, M.T**



**SURABAYA
JANUARI 2018**

PERBANDINGAN PERENCANAAN JALAN DENGAN URUGAN TANAH STANDARD DAN NON-STANDARD DI OERR (OUTER EAST RING ROAD), SURABAYA

Nama Mahasiswa : Wilbert Yungnata
NRP : 3114100111
Jurusan : Teknik Sipil FTSLK-ITS
Dosen Konsultasi 1 : Prof. Ir. Indrasurya B.
Mochtar, M.Sc, Ph.D
Dosen Konsultasi 2 : Trihanyndio Rendy S.,ST.MT

ABSTRAK

Surabaya merupakan kota yang sedang berkembang dalam berbagai sektor sehingga mengakibatkan peningkatan kebutuhan pembangunan jalan. Sebagian besar pembangunan jalan menggunakan urugan tanah standard yang kualitasnya sudah teruji. Urugan ini biasanya didapat dari luar kota dan membutuhkan biaya yang cukup besar untuk pembelian dan pengangkutannya. Oleh karena itu, sebaiknya dapat dicari material yang mengeluarkan biaya yang lebih murah dan tidak membutuhkan transportasi dari tempat yang jauh. Material tersebut dapat disebut sebagai urugan tanah non-standard.

Pada tugas akhir ini akan dibandingkan 2 (dua) jenis material yang dapat digunakan sebagai urugan tanah untuk pembangunan jalan OERR (Outer East Ring Road). Kedua material tersebut adalah urugan standard dan urugan non-standard.. Perbandingan yang dilakukan adalah dari segi jumlah volume urugan tanah dan jumlah perkuatan yang diperlukan serta besarnya biaya yang dikeluarkan untuk mendatangkan material tersebut. Dari hasil analisa tersebut, diharapkan dapat ditarik kesimpulan dalam memilih penggunaan antara urugan standard atau urugan non-standard yang pengaplikasiannya dapat lebih efektif dengan biaya semurah mungkin.

Analisa dilakukan mulai dari analisis data tanah dasar dan pengujian laboratorium untuk bahan urugan non-standard. Setelah mendapatkan data yang akan digunakan, dilakukan perhitungan untuk total penurunan yang terjadi lalu dilanjutkan dengan mencari tinggi penimbunan awal. Perhitungan waktu pemampatan sangat penting untuk menentukan perlu tidaknya penggunaan PVD (Prefabricated Vertical Drain) dan PHD (Prefabricated Horizontal Drain). Untuk menentukan apakah timbunan aman terhadap segala jenis kelongsoran yang akan terjadi, dilakukan cek stabilitas. Apabila tidak aman, dilakukan perhitungan untuk mencari kebutuhan perkuatan dan akan ditemukan jumlah kebutuhan geotekstil. Estimasi biaya yang akan dilakukan adalah dari volume kebutuhan material.

Biaya yang terbesar untuk timbunan per 1 m panjang jalan dengan variasi ketinggian 2,5 m – 7 m adalah timbunan dengan urugan standard dengan biaya total berkisar antara Rp 46.139.076 – Rp 154.700.328. Harga tersebut untuk kebutuhan volume timbunan 190 m³ - 664,9 m³ dan panjang total geotekstil 65 m – 374 m. Biaya yang terkecil adalah timbunan dengan urugan non-standard yang tanah urugnya didapatkan secara gratis dengan biaya total berkisar antara Rp 15.483.569 – Rp 46.741.440. Harga tersebut untuk kebutuhan volume timbunan 183 m³ - 651,7 m³ dan panjang total geotekstil 70 m – 205 m.

Kata Kunci : Surabaya, OERR, Perkuatan, Material, Urugan Standard, Urugan Non-standard

COMPARISON OF ROAD DESIGN WITH STANDARD FILL AND NON-STANDARD FILL AT OERR (OUTER EAST RING ROAD), SURABAYA

Name	: Wilbert Yungnata
NRP	: 3114100111
Department	: Civil Engineering FTSLK – ITS
Supervisor I	: Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc, Ph.D
Supervisor II	: Trihanyndio Rendy S.,ST.MT

ABSTRACT

Surabaya is a developed city in many sectors, that resulting in an increased number of road construction. Most road construction uses standard fill which has been tested in it's quality. That fill is usually obtained from out of town and requires considerable cost for the purchase and transportation. Therefore, alternative materials should be found that cost less and do not require transportation from distant places. The material may be referred to as a non-standard fill.

In this final project will be compared 2 (two) types of materials that can be used as fill for the construction of OERR (Outer East Ring Road) road. Both materials are standard and non-standard. The comparison is in terms of the quantity of fill and the amount of reinforcement required and the amount of expenses incurred to bring in the material. From the results of the analysis, it is expected to draw conclusions in choosing the use of standard or non-standard fill which its application can be more effective with cost as cheap as possible.

Analyzes were conducted from baseline ground data analysis and laboratory testing for non-standard materials. After finding the data to be used, do the calculations for the total settlement then proceeded to find the initial high of the heap.. Calculation of compression time is important to determine whether or not the use of PVD (Prefabricated Vertical Drain) dan PHD

(Prefabricated Horizontal Drain) is necessary. Conducted stability checks to determine whether the heap is safe against any kind of slide that will occur. If it is not safe, find the need for reinforcement and find the number of geotextile needs. Estimated cost will be done from the volume of material needs.

The biggest expense for a heap for 1 m road length with variation high from 2,5 m to 7 m is a standard fill with the cost around Rp 46.139.076 – Rp 154.700.328. That cost is included for volume fill that needed 190 m³- 664,9 m³ and total length geotextile needed 65 m – 374 m The smallest expense is for non-standard fill that the fill get for free with the cost around Rp 15.483.569 – Rp 46.741.440. That cost is included for volume fill that needed 183 m³- 651,7 m³ total length and geotextile needed 70 m – 205 m.

Keyword : Surabaya, OERR, Reinforcement, Material, Standard Fill, Non-standard Fill

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur bagi Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan petunjuk dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.

Laporan Tugas Akhir ini membahas “Perbandingan Perencanaan Jalan Dengan Urugan Tanah Standard Dan Non-standard di OERR (Outer East Ring Road)”. Dalam Tugas Akhir ini secara garis besar membahas tentang perilaku terhadap urugan tanah standard dan urugan tanah non-standard agar dapat digunakan sebagai tanah urugan.

Pada akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, MSc. PhD selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
2. Bapak Trihanyndio Rendy S.,ST.MT selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi, DEA selaku dosen wali.
4. Bapak Trijoko Wahyu Adi, S.T., M.T., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.
5. Bapak Umar, Bapak Nanang, dan Mas Hendro yang telah membantu dalam melaksanakan percobaan di Lab Tanah
6. Bapak dan Ibu dosen serta para staf pengajar Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS
7. Rekan-rekan mahasiswa serta semua pihak yang telah membantu penyusunan Tugas Akhir ini

Dalam penulisan ini, saya menyadari bahwa masih ada kekurangan. Maka kritik dan saran yang bersifat membangun sangat saya harapkan demi laporan ini.

Semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, penulis dan semua pihak yang terkait.

Surabaya, Januari 2018

(Penulis)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
TITLE PAGE.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Tugas Akhir.....	3
1.5 Manfaat Tugas Akhir.....	3
BAB II Tinjauan Pustaka.....	5
2.1 Jenis Tanah dan Parameternya.....	5
2.1.1 Jenis Tanah.....	5
2.1.2 Parameter Tanah.....	6
2.2 Tanah Urug.....	7
2.2.1 Urugan Standard.....	7
2.2.2 Urugan Non Standard.....	8
2.3 <i>Settlement</i> (Pemampatan Tanah).....	8
2.3.1 <i>Immediate Settlement</i> – Penurunan Seketika.....	9
2.3.2 <i>Primary Consolidation</i> – Konsolidasi Primer.....	9
2.4 Perencanaan Tinggi Awal Timbunan.....	13
2.5 Perencanaan Tinggi Maksimum Timbunan sebelum Adanya Perbaikan.....	13

2.6 Perhitungan Stabilitas.....	14
2.7 Metode Perbaikan Tanah dengan Preloading dan PVD	15
2.7.1 Perhitungan Penurunan akibat Beban Bertahap	15
2.7.2 Perhitungan Peningkatan Daya Dukung	16
2.8 Perkuatan Tanah dengan Geotextile	16
2.8.1 <i>Internal Stability</i>	16
2.8.2 <i>Overall Stability</i>	17
2.8.3 <i>Foundation Stability</i>	17
2.8.4 Kebutuhan Geotekstil	17
BAB III METODOLOGI	19
3.1 Objek Perencanaan	19
3.2 Lokasi Perencanaan	19
3.3 Bagan Alir	20
3.2 Studi Literatur	22
3.3 Analisis Data Sekunder	23
3.4 Jenis Urugan	23
3.5 Pengujian Laboratorium	23
3.6 Perhitungan Penurunan.....	23
3.7 Perencanaan Tinggi Timbunan Awal	23
3.8 Perhitungan Waktu Pemampatan	24
3.9 Merencanakan PVD dan PHD.....	24
3.10 Cek Stabilitas.....	24
3.11 Perhitungan Peningkatan C_u	24
3.12 Perhitungan Perkuatan.....	24
3.7 Volume Tanah Urugan	24
3.8 Jumlah Geotekstil	24

3.9 Estimasi Biaya.....	25
BAB IV ANALISIS DATA PERENCANAAN.....	27
4.1 Data Tanah Dasar	27
4.2 Data Timbunan.....	30
4.2.1 Data Timbunan Urugan Standard.....	30
4.2.2 Data Timbunan Urugan Non-Standard.....	30
4.4 Data Penampang Jalan.....	38
BAB V PERHITUNGAN DAN ANALISA	39
5.1 Perencanaan Penampang Jalan dengan urugan standard... 39	
5.1.1 Perhitungan H initial dan H final.....	39
5.1.2 Waktu Pemampatan.....	44
5.1.3 Perencanaan PVD (Prefabricated Vertical Drain)	45
5.1.4 Perhitungan Stabilitas dari Timbunan Pelaksanaan....	47
5.1.5 Peningkatan Daya Dukung.....	48
5.1.6 Perencanaan Jumlah Geotektile.....	53
5.2 Perencanaan Penampang Jalan Kenjeran 2 dengan urugan non-standard	62
5.2.1 Perhitungan H initial dan H final.....	63
5.2.2 Waktu Pemampatan dan Perencanaan PVD.....	68
5.2.3 Perhitungan Stabilitas dari Timbunan Pelaksanaan....	68
5.2.4 Peningkatan Daya Dukung.....	69
5.2.5 Perencanaan Jumlah Geotektile.....	74
BAB VI PERHITUNGAN BIAYA	79
6.1 Perhitungan Biaya Timbunan.....	80
6.2 Perhitungan Biaya PVD dan PHD.....	81
6.3 Perhitungan Biaya Geotekstil.....	82
6.4 Perhitungan Alternatif untuk tiap ketinggian	83

BAB VII PENUTUP	85
7.1 Kesimpulan.....	85
7.2 Saran.....	86
DAFTAR PUSTAKA.....	87
Lampiran	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Persamaan untuk Distribusi Beban Trapesium / Timbunan (Mochtar, Noor Endah, 2002).....	12
Gambar 2. 2 Sketsa kebutuhan panjang Geotekstil	18
Gambar 3. 1 Peta Jalur OERR (Outer East Ring Road) (petaperuntukan.surabaya.go.id).....	19
Gambar 3. 2 Bagan Alir	20
Gambar 4. 1 Lokasi Data Tanah (sumber: rekap hasil test Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan Jurusan Teknik Sipil ITS).....	27
Gambar 4. 2 Grafik Kedalaman VS N-SPT Kenjeran.....	28
Gambar 4. 3 Pengambilan Sample	30
Gambar 4. 4 Sample ditimbang 1,8 kg.....	31
Gambar 4. 5 Sample di peram	32
Gambar 4. 6 Uji Proktor	33
Gambar 4. 7 Grafik y_d max dan $w_{optimum}$	34
Gambar 4. 8 Sample di campur dengan $w_{optimum}$	35
Gambar 4. 9 Persiapan Uji CBR	36
Gambar 4. 10 Mold + tanah direndam	37
Gambar 4. 11 Uji CBR.....	37
Gambar 4. 12 Penampang Jalan	38
Gambar 5. 1 Diagram tegangan akibat $q = 13,5 \text{ t/m}^2$	40
Gambar 5. 2 Grafik $H_{initial}$ VS H_{final} (urugan standard)	43
Gambar 5. 3 Grafik $H_{initial}$ VS SC_{total} (urugan standard).....	43
Gambar 5. 4 Grafik H_{final} VS SC_{total} (urugan standard).....	44
Gambar 5. 5 Grafik Hubungan antara waktu konsolidasi VS Derajat Konsolidasi Pola Pemasangan PVD	46
Gambar 5. 6 Tinggi Kritis (urugan standard).....	48
Gambar 5. 7 Percobaan Bidang Longsor 1 (urugan standard)	56
Gambar 5. 8 Percobaan Bidang Longsor 2 (urugan standard) ...	57
Gambar 5. 9 Percobaan Bidang Longsor 3 (urugan standard) ...	57
Gambar 5. 10 Percobaan Bidang Longsor 4 (urugan standard) .	58
Gambar 5. 11 Percobaan Bidang Longsor 5 (urugan standard) .	58
Gambar 5. 12 Sketsa Kebutuhan Panjang Geotekstil	61
Gambar 5. 13 Diagram tegangan akibat $q = 12,03 \text{ t/m}^2$	63

Gambar 5. 14 H_{initial} vs H_{final} (urugan non-standard).....	67
Gambar 5. 15 H_{initial} vs SC (urugan non-standard).....	67
Gambar 5. 16 H_{final} vs SC (urugan non-standard).....	68
Gambar 5. 17 Tinggi Kritis (urugan non-standard).....	69
Gambar 5. 18 Percobaan Bidang Longsor 1 (urugan non-standard)	76
Gambar 5. 19 Percobaan Bidang Longsor 2 (urugan non-standard)	77
Gambar 5. 20 Percobaan Bidang Longsor 3 (urugan non-standard)	77
Gambar 6. 1 Material yang diperhitungkan.....	79

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Nilai N_c dari Terzaghi (Terzaghi, 1943)	14
Tabel 4. 1 Data Tanah Kenjeran 2	29
Tabel 4. 2 Nilai N-SPT Data Tanah Kenjeran 2	29
Tabel 4. 3 Hasil test proctor	34
Tabel 5. 1 <i>Settlement</i> Akibat Beban Timbunan (urugan standard)	40
Tabel 5. 2 <i>Settlement</i> Akibat Beban <i>Pavement</i> (urugan standard)	41
Tabel 5. 3 $H_{initial}$, H_{final} , <i>Settlement</i> (urugan standard)	42
Tabel 5. 4 Parameter tanah untuk menghitung waktu konsolidasi	44
Tabel 5. 5 PVD pemasangan pola segi empat jarak 1,75 m	47
Tabel 5. 6 Rekap pembebanan pada akhir penimbunan (minggu ke-12) (urugan standard)	50
Tabel 5. 7 Rekap pembebanan pada akhir pemampatan (minggu ke-24) (urugan standard)	51
Tabel 5. 8 Daya Dukung Tanah pada Timbunan 7m di akhir masa Penimbunan (urugan standard)	52
Tabel 5. 9 Daya Dukung Tanah pada Timbunan 7m di akhir masa Pemampatan (urugan standard)	52
Tabel 5. 10 Rekap Cu (urugan standard)	53
Tabel 5. 11 Rekap Bidang Longsor (urugan standard)	56
Tabel 5. 12 Perhitungan Momen Geotekstil (urugan standard)	60
Tabel 5. 13 Rekap Kebutuhan Geotekstil untuk Variasi Ketinggian (urugan standard)	61
Tabel 5. 14 Kebutuhan Panjang Geotekstil H_{final} 7 m (urugan standard)	62
Tabel 5. 15 Rekap panjang geotextile dengan variasi ketinggian (urugan standard)	62
Tabel 5. 16 <i>Settlement</i> Akibat beban timbunan (urugan non-standard)	64
Tabel 5. 17 <i>Settlement</i> akibat beban pavement (urugan non-standard)	65
Tabel 5. 18 $H_{initial}$, H_{final} , <i>Settlement</i> (urugan non-standard)	66

Tabel 5. 19 Rekap pembebanan pada akhir penimbunan (minggu ke-12) (urugan non-standard).....	71
Tabel 5. 20 Rekap pembebanan pada akhir pemampatan (minggu ke-24) (urugan non-standard).....	72
Tabel 5. 21 Daya Dukung Tanah pada Timbunan 7 m di akhir masa Penimbunan (urugan non-standard)	73
Tabel 5. 22 Daya Dukung Tanah pada Timbunan 7 m di akhir masa Pemampatan (urugan non-standard).....	73
Tabel 5. 23 Rekap Cu (urugan non-standard)	74
Tabel 5. 24 Rekap Jumlah Geotekstile untuk Variasi Tinggi Timbunan (urugan non-standard).....	78
Tabel 6. 1 Tabel harga satuan material.....	79
Tabel 6. 2 Rekap perhitungan biaya timbunan dengan urugan standard	80
Tabel 6. 3 Rekap perhitungan biaya timbunan dengan urugan non-standard (harga 50% standard).....	81
Tabel 6. 4 Rekap perhitungan biaya timbunan dengan urugan non-standard (harga 25% standard).....	81
Tabel 6. 5 Rekap perhitungan biaya PVD.....	82
Tabel 6. 6 Rekap perhitungan biaya PHD	82
Tabel 6. 7 Rekap perhitungan biaya geotextile untuk urugan standard	82
Tabel 6. 8 Rekap perhitungan biaya geotextile untuk urugan non-standard	83
Tabel 6. 9 Rekap biaya tiap alternatif untuk variasi ketinggian timbunan.....	83

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Surabaya merupakan kota yang sedang berkembang dalam berbagai sektor. Perkembangan Kota Surabaya berdampak kepada meningkatnya kebutuhan pembangunan jalan. Dengan bertambahnya jalan-jalan dengan rute yang baru, diharapkan dapat membantu penyaluran barang dan jasa dengan cepat dan mengurangi tingkat kemacetan. Pembangunan jalan sangat bergantung dengan kondisi tanah dibawahnya.

Keadaan tanah di Surabaya sangat beraneka ragam, mulai dari tanah yang bagus hingga tanah yang jelek. Di atas tanah yang bagus, sudah terbangun banyak jalan dikarenakan keadaan tanah tersebut tidak menghalangi ataupun menghambat pembangunan jalan. Akan tetapi, tanah yang jelek seperti dapat dilihat di Lampiran, dapat menimbulkan masalah jika jalan langsung dibangun diatasnya. Oleh karena itu dibutuhkan penanggulungan supaya tanah yang jelek pun dapat digunakan sebagai jalan.

Ada 2 solusi untuk masalah tanah jelek. Solusi yang pertama adalah *elevated structure* dengan menggunakan *pile slab*. Metode ini dilaksanakan dengan membangun jalan yang lebih tinggi. Metode ini kurang efektif dikarenakan biaya yang dikeluarkan cukup besar. Solusi yang kedua yang sering digunakan dan mengeluarkan biaya yang tidak terlalu besar adalah dengan menggunakan timbunan. Timbunan yang dimaksud adalah dengan menggunakan urugan untuk ketinggian tertentu.

Sebagian besar pembangunan jalan mendapatkan urugan tanah dengan mendatangkannya dari luar kota. Material tersebut adalah urugan standard yang cenderung bagus dan membutuhkan biaya cukup besar untuk pembelian dan pengangkutannya. Ditambah lagi apabila pembangunan dilakukan di luar kota yang akan mengakibatkan pengiriman dapat mengganggu dan mengacaukan arus lalu lintas. Oleh

karena itu harus ditemukan material yang mengeluarkan biaya yang lebih murah dan tidak membutuhkan transportasi dari tempat yang jauh. Material tersebut dapat disebut sebagai urugan non-standard. Urugan ini bisa didapatkan dari tanah di wilayah Surabaya yang bukan merupakan sirtu. Akibat kualitas tanah urugan yang jelek, maka diperlukan metode perkuatan tanah untuk memperkuat material timbunan tersebut.

Tugas akhir ini akan membandingkan 2 (dua) jenis material yang dapat digunakan sebagai urugan tanah untuk pembangunan jalan OERR (*Outer East Ring Road*). Perbandingan yang dilakukan adalah dari segi jumlah urugan tanah dan jumlah perkuatan yang diperlukan serta besarnya biaya yang dikeluarkan untuk mendatangkan material tersebut. Keluaran yang akan didapatkan adalah total biaya yang dikeluarkan untuk kedua material tersebut dan nantinya akan dipilih material yang lebih menguntungkan.

1.2 Rumusan Masalah

Secara umum berdasarkan latar belakang diatas, terdapat beberapa masalah yang harus dibahas:

1. Bagaimana karakteristik urugan non-standard?
2. Bagaimana perencanaan terhadap pemampatan dan stabilitas timbunan urugan standard dan non-standard?
3. Berapa total material yang diperlukan jika pembangunan jalan menggunakan urugan tanah standard ataupun non-standard?
4. Berapa total biaya yang dikeluarkan jika pembangunan jalan menggunakan urugan tanah standard ataupun non-standard?

1.3 Batasan Masalah

Pada Tugas Akhir ini, permasalahan dibatasi pada pokok-pokok pembahasan sebagai berikut:

1. Data tanah yang dipakai adalah data sekunder tetapi material untuk bahan timbunan non-standard menggunakan data primer.
2. Perkuatan jalan hanya menggunakan geotekstil.
3. Tidak membahas perencanaan perkerasan jalan dan metode pelaksanaan.
4. Tinggi timbunan bervariasi dari 2,5 meter hingga 7 meter.
5. Biaya terbatas pada kebutuhan volume material.

1.4 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk memilih penggunaan jenis material urugan yang lebih menguntungkan dalam pelaksanaan pembangunan OERR.

1.5 Manfaat Tugas Akhir

Manfaat dari tugas akhir ini adalah diperolehnya material urugan non-standard sehingga dapat mengurangi biaya jika dibandingkan dengan urugan tanah standard.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB II

Tinjauan Pustaka

2.1 Jenis Tanah dan Parameternya

2.1.1 Jenis Tanah

1. Tanah Granular

Jenis tanah yang termasuk kedalam tanah granular yaitu pasir, kerikil, batuan dan campurannya. Tanah granular merupakan material yang baik untuk mendukung bangunan dan badan jalan karena tanah ini mempunyai kapasitas dukung yang tinggi dan penurunan kapasitas dukung kecil asalkan tanahnya relatif padat. Penurunan kapasitas dukung terjadi segera karena permukaan tanah diterapkan beban. Penurunan yang besar juga dapat terjadi pada tanah yang tidak padat jika terdapat getaran dengan frekuensi tinggi.

Tanah granular merupakan tanah yang baik untuk tanah urug pada dinding penahan tanah karena menghasilkan tekanan lateral yang kecil. Tanah granular ini mudah dipadatkan dan merupakan material untuk drainase yang baik karena lolos air. Tanah yang baik untuk timbunan karena mempunyai kuat geser yang tinggi. Tanah ini jika dicampur dengan tanah kohesif tidak dapat digunakan sebagai bahan tanggul, bendungan, kolam dan lain-lain permeabilitasnya besar.

2. Tanah kohesif

Jenis tanah yang termasuk tanah kohesif yaitu lempung, lempung berlanau, lempung berpasir atau berkerikil yang sebagian besar butiran tanahnya terdiri dari butiran halus. Dalam menentukan kuat geser tanah ini dapat ditentukan dengan melihat nilai kohesinya.

3. Tanah lanau dan *loess*

Lanau merupakan material yang butiran-butirannya lolos saringan no. 200. Peck, dkk.

(1953) membagi tanah ini menjadi dua kategori yaitu :

- Lanau tepung batu yang mempunyai karakteristik tidak berkoheisi dan tidak plastis, sifat teknis lanau tepung batu cenderung mempunyai sifat pasir halus,
- Lanau yang bersifat plastis dengan sifat yang kurang baik yaitu mempunyai kuat geser rendah setelah dikenai beban, kapilaritas tinggi, permeabilitas rendah dan kerapatan relatif rendah dan sulit dipadatkan.

Loess adalah material lanau yang diendapkan oleh angin dengan diameter butiran kira-kira 0,06 mm. Sifat tanah ini jika mengandung material pengikat (lempung atau kapur) dalam kondisi kering tanah ini mempunyai kapasitas dukung sedang sampai tinggi. Akibat penjenruhan, *loess* kehilangan sifat rekatnya dan dapat mengalami penurunan yang tinggi.

4. Tanah organik

Tanah organik adalah tanah yang tersusun dari bahan organik dan mempengaruhi sifat-sifat teknis tanah. Bahan-bahan organik tersebut terdiri dari sisa tumbuh-tumbuhan dan binatang. Jumlah bahan organik dalam tanah organik dinyatakan dengan kadar organik. Kadar organik adalah nilai banding antara berat bahan organik terhadap contoh tanah yang kering oven. Berat bahan organik dapat ditentukan dengan memanaskan contoh tanah untuk membakar bahan organiknya.

2.1.2 Parameter Tanah

Uji tanah di laboratorium merupakan upaya simulasi untuk mendapatkan parameter tanah yang mendekati sebenarnya. Jenis parameter tanah dibagi menjadi parameter fisik dan mekanis. Jenis parameter fisik meliputi berat jenis, porositas, ukuran butir tanah, berat jenis, derajat kejenuhan, kepadatan tanah, kadar air, permeabilitas. Sedangkan parameter mekanis meliputi nilai kohesi, nilai sudut geser tanah, dan daya dukung tanah

2.2 Tanah Urug

2.2.1 Urugan Standard

1. Tanah Merah

Tanah merah (laterit) adalah tanah yang mempunyai warna coklat kemerah-merahan. Tanah ini biasanya terbentuk di lingkungan yang dingin, lembab, dan tergenangi air. Karakteristik tanah ini yaitu gampang menyerap air, memiliki profil tanah yang dalam, dan mempunyai pH netral sampai asam.

Tanah merah memiliki tekstur yang cukup padat dan kokoh. Tanah jenis ini banyak ditemukan di daerah pantai hingga pegunungan yang tinggi, serta menyebar di sebagian besar lahan di Indonesia. Selain dipakai untuk urugan tanah pada proyek pembangunan, tanah merah juga biasa digunakan untuk membentuk lahan perkebunan.

2. Tanah Padas

Tanah padas adalah tanah yang memiliki tingkat kepadatan yang sangat tinggi. Hal ini dikarenakan mineral yang terkandung di dalam tanah ini telah dikeluarkan oleh air yang berada di lapisan atasnya.

Tanah padas mempunyai karakteristik teksturnya sangat kokoh tetapi sulit menyerap air. Oleh karena itu, jarang sekali orang yang mau memanfaatkan tanah ini untuk pertanian. Kebanyakan tanah padas dipakai untuk pondasi infrastruktur bangunan berukuran besar seperti gedung-gedung bertingkat. Tanah padas bisa ditemukan di seluruh daerah di Indonesia.

3. Tanah Semi Padas

Tanah semi padas, atau biasa dikenal tanah liat, adalah tanah yang terbentuk dari perpaduan antara batuan kapur dan pasir. Faktor utama yang mempengaruhi pembentukan tanah ini yaitu hujan yang terjadi secara tidak merata sepanjang tahun. Bisa dibayangkan tanah semi padas ibarat campuran tanah merah dan tanah padas sehingga sifat dan karakteristiknya pun seperti gabungan dari keduanya.

Tanah semi padas memiliki tingkat kesuburan yang cukup baik sehingga layak dipergunakan untuk keperluan bercocok

tanam. Selain itu, tanah liat juga biasa dimanfaatkan sebagai bahan baku kerajinan tangan serta material bangunan seperti genteng dan batubata. Tanah semi padas umumnya banyak ditemukan di dataran rendah dan lereng pegunungan.

2.2.2 Urugan Non Standard

Urugan non standard menggunakan tanah urugan yang bukan merupakan tanah sirtu. Tanah ini mempunyai porositas yang tinggi, oleh karena itu pemampatan awal terjadi berlangsung sangat cepat. Selama proses pemampatan, daya rembes tanah berkurang dengan cepat sehingga menyebabkan berkurangnya kecepatan pemampatan. Proses dekomposisi pada serat – serat didalam tanah menyebabkan perilaku pemampatan semakin rumit. Hal ini disebabkan oleh struktur serat-serat menjadi hancur serta bentuk gas akibat proses tersebut.

Apabila tanah lunak mendapat penambahan tegangan vertical, maka penambahan ini akan menyebabkan adanya penurunan. Pada umumnya penurunan tanah lunak dibedakan atas penurunan segera (pengaruh elastisitas tanah) dan penurunan konsolidasi (akibat terdisipasinya air pori). Penurunan konsolidasi sendiri masih dibedakan atas konsolidasi primer dan sekunder. Penurunan segera terjadi segera (langsung) setelah tanah lunak menerima penambahan tegangan. Dengan adanya penambahan tegangan ini, air pori yang ikut menderita tambahan tegangan akan mengalir keluar dari pori. Akibat keluarnya air dari pori ini tanah secara perlahan akan mampat dan turun. Tergantung dari koefisien permeabilitas tanah yang bersangkutan. Semakin kecil permeabilitas tanah, semakin sulit pula air pori mengalir, sehingga penurunan yang terjadi pun menjadi sangat perlahan.

2.3 *Settlement* (Pemampatan Tanah)

Secara umum, penurunan dapat diklasifikasikan menjadi 3 tahap, yaitu :

1. *Immediate Settlement* (penurunan seketika), diakibatkan dari deformasi elastis tanah kering, basah, dan jenuh air, tanpa adanya perubahan kadar air. Umumnya, penurunan ini diturunkan dari teori elastisitas. *Immediate settlement* ini biasanya terjadi selama

proses konstruksi berlangsung. Parameter tanah yang dibutuhkan untuk perhitungan adalah undrained modulus dengan uji coba tanah yang diperlukan seperti SPT, Sondir (*dutch cone penetration test*), dan *Pressuremeter test*.

2. *Primary Consolidation Settlement* (penurunan konsolidasi primer), yaitu penurunan yang disebabkan perubahan volume tanah selama periode keluarnya air pori dari tanah. Pada penurunan ini, tegangan air pori secara kontinyu berpindah ke dalam tegangan efektif sebagai akibat dari keluarnya air pori. Penurunan konsolidasi ini umumnya terjadi pada lapisan tanah kohesif (clay / lempung).

3. *Secondary Consolidation Settlement* (penurunan konsolidasi sekunder), adalah penurunan setelah tekanan air pori hilang seluruhnya. Hal ini lebih disebabkan oleh proses pemampatan akibat penyesuaian yang bersifat plastis dari butir-butir tanah.

2.3.1 *Immediate Settlement* – Penurunan Seketika

Penurunan seketika / penurunan elastic terjadi dalam kondisi *undrained* (tidak ada perubahan volume). Penurunan ini terjadi dalam waktu yang sangat singkat saat dibebani secara cepat. Besarnya penurunan *elastic* ini tergantung dari besarnya modulus elastisitas kekakuan tanah dan beban timbunan diatas tanah.

$$S_c = \Delta\sigma B \frac{1-\mu_s^2}{E_s} I_p \quad (2-1)$$

Dimana :

S_c = *Immediate settlement*

$\Delta\sigma$ = Beban timbunan (kN/m²)

E_s = Modulus elastisitas tanah

μ_s^2 = *Poisson's Ratio*

B = Lebar / diameter timbunan (m)

I_p = *non-dimensional influence factor*

2.3.2 *Primary Consolidation* – Konsolidasi Primer

Pada tanah lempung jenuh air, penambahan total tegangan akan diteruskan ke air pori dan butiran tanah. Hal ini berarti

penambahan tegangan total ($\Delta\sigma$) akan terbagi ke tegangan efektif dan tegangan air pori. Dari prinsip tegangan efektif, dapat diambil korelasi :

$$\Delta\sigma = \Delta\sigma' + \Delta u \quad (2-2)$$

Dimana :

$\Delta\sigma' =$ penambahan tegangan efektif

$\Delta u =$ penambahan tegangan air pori

Karena lempung mempunyai daya rembes yang sangat rendah dan air adalah tidak termampatkan (*incompressible*) dibandingkan butiran tanah, maka pada saat $t = 0$, seluruh penambahan tegangan, $\Delta\sigma$, akan dipikul oleh air ($\Delta u = \Delta\sigma$) pada seluruh kedalaman lapisan tanah.

Penambahan tegangan tersebut tidak dipikul oleh butiran tanah ($\Delta\sigma' = 0$).Sesaat setelah pemberian penambahan tegangan, $\Delta\sigma$, pada lapisan lempung, air dalam pori mulai tertekan dan akan mengalir keluar. Dengan proses ini, tekanan air pori pada tiap-tiap kedalaman pada lapisan lempung akan berkurang secara perlahan-lahan, dan tegangan yang dipikul oleh butiran tanah keseluruhan (tegangan efektif / $\Delta\sigma'$) akan bertambah. Jadi pada saat $0 < t < \infty$

$$\Delta\sigma = \Delta\sigma' + \Delta u \quad (\Delta\sigma' > 0 \text{ dan } \Delta u < \Delta\sigma)$$

Tetapi, besarnya $\Delta\sigma'$ dan Δu pada setiap kedalaman tidak sama, tergantung pada jarak minimum yang harus ditempuh air pori untuk mengalir keluar lapisan pasir yang berada di bawah atau di atas lapisan lempung.

Pada saat $t = \infty$, seluruh kelebihan air pori sudah hilang dari lapisan lempung, jadi $\Delta u = 0$. Pada saat ini tegangan total, $\Delta\sigma$, akan dipikul seluruhnya oleh butiran tanah seluruhnya (tegangan efektif, $\Delta\sigma'$). Jadi $\Delta\sigma = \Delta\sigma'$.

Proses terdispasinya air pori secara perlahan, sebagai akibat pembebanan yang disertai dengan pemindahan kelebihan tegangan air pori ke tegangan efektif, akan menyebabkan terjadinya penurunan yang merupakan fungsi dari waktu (*time-dependent settlement*) pada lapisan lempung. Suatu tanah di lapangan pada kedalaman tertentu telah mengalami tegangan efektif maksimum akibat beban tanah diatasnya (*maximum*

effective overburden pressure) dalam sejarah geologisnya. Tegangan ini mungkin sama, atau lebih kecil dari tegangan overburden pada saat pengambilan sample.

Berkurangnya tegangan di lapangan tersebut bisa diakibatkan oleh beban hidup. Pada saat diambil, contoh tanah tersebut terlepas dari tegangan overburden yang telah membebani selama ini. Sebagai akibatnya, tanah tersebut akan mengalami pengembangan. Pada saat dilakukan uji konsolidasi pada tanah tersebut, suatu pemampatan yang kecil (perubahan angka pori yang kecil) akan terjadi bila beban total yang diberikan pada saat percobaan adalah lebih kecil dari tegangan efektif overburden maksimum (*maximum effective overburden pressure*) yang pernah dialami sebelumnya.

Apabila beban total yang dialami pada saat percobaan lebih besar dari *maximum effective overburden pressure*, maka perubahan angka pori yang terjadi akan lebih besar. Ada 3 definisi dasar yang didasarkan pada riwayat geologis dan sejarah tegangan pada tanah, yaitu :

1. *Normally consolidated* (Terkonsolidasi secara normal), dimana tegangan efektif overburden saat ini merupakan tegangan maksimum yang pernah dialami oleh tanah selama dia ada.

$$Sc = Hi \left[\frac{Cs}{1+e_0} \log \left(\frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma}{\sigma'_0} \right) \right] \quad (2-3)$$

2. *Overconsolidated*, dimana tegangan efektif overburden saat ini lebih kecil daripada tegangan yang pernah dialami oleh tanah tersebut. Tegangan efektif overburden maksimum yang pernah dialami sebelumnya dinamakan tegangan prakonsolidasi. (*preconsolidation pressure / PC*).
Jika $\sigma'_0 + \Delta\sigma \leq \sigma'_c$

$$Sc = Hi \left[\frac{Cs}{1+e_0} \log \left(\frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma}{\sigma'_0} \right) \right] \quad (2-4)$$

$$\text{Jika } \sigma'_0 + \Delta\sigma > \sigma'_c$$

Δp : penambahan beban vertikal pada lapisan yang ditinjau akibat beban timbunan dihitung dengan

persamaan: $\Delta p = I \times q$

Dimana:

q : tegangan vertical effective di permukaan tanah akibat beban.

I : faktor pengaruh

3. *Underconsolidated*, dimana tegangan efektif overburden saat ini belum mencapai maksimum, sehingga peristiwa konsolidasi masih berlangsung pada saat sample tanah diambil.

2.4 Perencanaan Tinggi Awal Timbunan

Untuk terjadinya pemampatan pada tanah dasar maka dilakukan pemberian beban berupa timbunan tanah (*surchage*) atau disebut dengan preloading. Fungsinya sebagai beban untuk mempercepat pemampatan, mengisi ruang yang diakibatkan oleh pemampatan dan meningkatkan daya dukung tanah di bawahnya. Setelah pemampatan tanah dasar terjadi, tinggi timbunan awal (H_{awal}) yang direncanakan akan sesuai dengan dengan tinggi timbunan yang direncanakan (H_{akhir}). Penentuan tinggi awal pada saat pelaksanaan (dengan memperhatikan penurunan), dapat hitung dengan persamaan berikut:

$$q_{akhir} = (H_{awal} - Sc) \gamma_{timb} + Sc (\gamma_{sat} t_{imb} - \gamma_w)$$

$$q = H_{awal} \times \gamma_{timb} - Sc \times \gamma_{timb} + Sc \times \gamma'_{timb}$$

$$q = H_{awal} \times \gamma_{sat} - Sc \times (\gamma_{timb} - \gamma)$$

$$\text{Jadi, } H_{awal-i} = q_i + (\gamma_{timb} - \gamma'_{timb}) / \gamma_{sat}$$

$$H_{akhir-i} = H_{awal-i} - Sc_i \quad (2-6)$$

2.5 Perencanaan Tinggi Maksimum Timbunan sebelum Adanya Perbaikan

Bila daya berat tanah timbunan diatas melebihi kemampuannya, tanah dasar akan ambles. Oleh karena itu diperlukan mencari kondisi yang kritis pada saat penimbunan. Kondisi kritis dari tanah dasar ini dapat diperhitungkan dari daya dukung tanah yang dibagi dengan *Safety Factor (SF)* dan

berat volume timbunan. Daya dukung tanah akan dikalkulasi dengan persamaan Terzaghi.

$$q_u = c \cdot N_c + D \cdot \gamma \cdot N_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma$$

$$q_{all} = q_u / 2$$

Nilai N_c dari Terzaghi didapatkan dari **Tabel 2.1**

Tabel 2. 1 Nilai N_c dari Terzaghi (Terzaghi, 1943)

θ	N_c	N_q	N_γ
0°	5.71	1	0
5°	7.32	1.64	0
10°	9.64	2.7	1.2
15°	12.8	4.44	2.4
20°	17.7	7.43	4.6
25°	25.1	12.7	9.2
30°	37.2	22.5	20
35°	57.8	41.4	44
40°	95.6	81.2	114
45°	172	173	320

$$H_{kritis} = q_{allow} / \gamma_{timb} \quad (2-7)$$

2.6 Perhitungan Stabilitas

Slope Stability sangat dipengaruhi oleh kekuatan geser tanah untuk menentukan kemampuan tanah menahan tekanan tanah terhadap keruntuhan. Analisis stabilitas lereng didasarkan pada konsep keseimbangan batas plastis (*limit plastic equilibrium*). Adapun maksud analisis stabilitas lereng adalah untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor yang potensial. Dasar-dasar teori tentang stabilitas lereng menggunakan teori Irisan (*Method of Slice*), dan metode Fellenius.

Bentuk umum untuk perhitungan stabilitas lereng adalah dengan mencari nilai angka aman (F) dengan membandingkan momen-momen yang terjadi akibat gaya yang bekerja.

$$F = \frac{\text{Momen Penahan}}{\text{Momen Penggerak}} = \frac{R \cdot c \cdot L_{AC}}{W \cdot y} \quad (2-8)$$

Dengan :

F = Faktor Keamanan

W = Berat tanah yang akan longsor (kN)

L_{AC} = Panjang Lengkungan (m)

c = Kohesi (kN/m²)

R = Jari-jari bidang longsor yang ditinjau (m)

y = Jarak pusat berat W terhadap pusat lingkaran (m)

Adapun angka keamanan untuk stabilitas lereng:

$F < 1,5$, lereng tidak stabil

$F = 1,5$, lereng dalam keadaan kritis. Artinya dengan sedikit tambahan momen penggerak maka lereng menjadi tidak stabil.

$F > 1,5$, lereng stabil.

Angka keamanan lereng dapat diperoleh dengan melakukan “Trial Error” terhadap beberapa bidang longsor yang umumnya berupa busur lingkaran dan kemudian diambil nilai F minimum sebagai indikasi bidang longsor kritis.

2.7 Metode Perbaikan Tanah dengan Preloading dan PVD

2.7.1 Perhitungan Penurunan akibat Beban Bertahap

Cara pemampatan pada tanah dasar dapat berupa beban tanah timbunan (*surcharge*), beban air berupa tangka air atau kolam air buatan atau beban luar lainnya yang diletakkan di atas tanah aslinya. Untuk mempercepat waktu preloading, dapat digunakan drainase vertikal (*vertical drain*) dan untuk memperpendek aliran (*drainage path*) dari air pori.

Beban timbunan direncanakan berdasarkan beban yang akan terjadi pada tanah asli yang menyebabkan konsolidasi, dan juga berdasarkan ketinggian rencana (H_{akhir}). Untuk meletakkan timbunan di atas tanah dasar, daya dukung tanah dasar harus diperhatikan agar kelongsoran tidak terjadi.

Dengan beban bertahap, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai ketinggian timbunan rencana cukup lama dan tergantung pada peningkatan daya dukung tanah dasarnya. Penambahan beban setiap lapisan beban preloading mengacu pada ketinggian yang masih mampu dipikul H_{kritis} oleh tanah dasarnya agar tidak terjadi kelongsoran. Kalkulasi pemampatan dibagi menjadi 3 persamaan:

Jika $\sigma'_0 + \Delta\sigma_1 \leq \sigma_c$

$$Sc = Hi \left[\frac{Cs}{1+e_0} \log\left(\frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma_1}{\sigma'_0}\right) \right] \quad (2-9)$$

Jika $\sigma'_0 + \Delta\sigma_1 + \Delta\sigma_2 > \sigma_c$

$$Sc = Hi \left[\frac{Cs}{1+e_0} \log \left(\frac{\sigma'_c}{\sigma'_0 + \Delta\sigma_1} \right) + \frac{Cc}{1+e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma_1 + \Delta\sigma_2}{\sigma_c} \right] \quad (2-10)$$

Jika $\sigma'_0 + \Delta\sigma_1 + \Delta\sigma_2 + \Delta\sigma_3 \leq \sigma_c$

$$Sc = Hi \left[\frac{Cc}{1+e_0} \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma_1 + \Delta\sigma_2 + \Delta\sigma_3}{\sigma'_0 + \Delta\sigma_1 + \Delta\sigma_2} \right] \quad (2-11)$$

2.7.2 Perhitungan Peningkatan Daya Dukung

Peningkatan daya dukung pada tanah lempung merupakan peningkatan nilai kohesi dari tanah lempung tersebut. Peningkatan ini dapat dikalkulasikan dengan persamaan Ardana dan Mochtar (1999)

Bila $PI < 120\%$

$$C_u \left(\frac{kg}{cm^2} \right) = [0.0737 + (0.1899 - 0.0016IP)] \times \sigma_p \quad (2-12)$$

Bila $PI \geq 120\%$

$$C_u \left(\frac{kg}{cm^2} \right) = [0.0737 + (0.04454 - 0.00004IP)] \times \sigma_p \quad (2-13)$$

$$\Delta\sigma_n = \sum \left(\left(\frac{\sigma_n}{\sigma_{n-1}} \right)^{U_x} \sigma_{n-1} - \sigma_{n-1} \right) \quad (2-14)$$

Dimana :

n : Timbunan ke

U_x : derajat konsolidasi dari timbunan ke-n

2.8 Perkuatan Tanah dengan Geotextile

2.8.1 Internal Stability

Sistem stabilisasi internal merupakan sistem yang memperkuat tanah untuk mencapai kestabilan yang dibutuhkan. Sejak tahun 1960 terdapat dua cara yang sering digunakan di lapangan, yaitu *reinforced soils* dan *insitu reinforcement*.

Kondisi *Internal Stability Reinforced soil* merupakan sistem yang menambah material perkuatan saat tanah diurug, sedangkan *in-situ reinforcement* merupakan sistem yang menambah material perkuatan dengan cara dimasukkan ke dalam tanah. Hal yang harus diperhatikan pada *internal stability*:

1. Syarat tidak terjadi failure di lereng

$$Pa \leq \frac{(\text{Berat efektif } ABC) \times \tan \delta}{SF} \quad (2-15)$$

Dimana : δ : sudut geser antara tanah timbunan dan material geotextile = \emptyset

SF : 1,35 untuk beban sementara : 2,00 untuk beban permanen

Ka : $\tan 2 (45 - \emptyset/2)$

2. Syarat kekuatan bahan

$$Pa1 \leq S1$$

Dimana : S1 : kekuatan tarik material geotextile yang diijinkan (Tallowable)

2.8.2 Overall Stability

Pada perhitungan *overall stability*, dicari Momen

Penahan (Mr)

$$\begin{aligned} MR &= R \cdot \sum .li + Ti \cdot Si \\ &= MR + \Delta MR \end{aligned} \quad (2-16)$$

Dimana : Si : gaya tarik geotextile

Syarat stabilitas : $SF \leq M_{\text{penahan}} / M_{\text{penggerak}}$

SFmin = 1,25 (beban tetap)

SFmin = 1,1 (beban sementara) (Mochtar, 2000)

2.8.3 Foundation Stability

Pada perhitungan *foundation stability*, dicari apakah tanah dibawah timbunan dapat memikul beban diatasnya. Untuk mencari kestabilan ini, digunakan rumus sebagai berikut :

$$Pa \leq \frac{Pp + 2 Cu L + S1}{SF} \quad (2-17)$$

Dimana:

P_a = Tekanan tanah aktif (ton)

P_p = Tekanan tanah pasif (ton)

C_u = kohesi (t/m^2)

L = Panjang alas segitiga timbunan (meter)

SF = faktor keamanan = 2 (untuk beban permanen)

2.8.4 Kebutuhan Geotekstil

Dalam menentukan kebutuhan geotekstil, harus mencari nilai kekuatan yang tersedia dengan

menggunakan rumus berikut geotekstil:

$$Tallow = \frac{T}{FS_{id} \times FS_{cr} \times FS_{cd} \times FS_{bd}} \quad (2-18)$$

Dimana :

Tallow : kekuatan geotextile yang tersedia

T : kekuatan tarik max geotekstil yang dipakai

FS_{id} : FS akibat kerusakan saat pemasangan

FS_{cr} : FS terhadap kerusakan akibat rangkai

FS_{cd} : FS terhadap kerusakan akibat bahan kimia

FS_{bd} : FS terhadap kerusakan akibat aktifitas biologi

Panjang Geotextile yang ditanam (L) pada satu sisi timbunan:

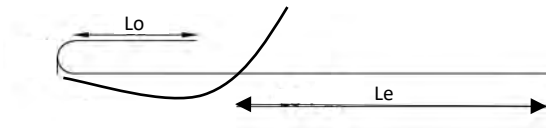
$$L = Le + Lo + L_{\text{dalam bidang longsor}} \quad (2-19)$$

Dimana:

Lo : Panjang lekukan geotekstile (1 meter)

Le : Panjang geotextile yang berada di belakang bidang longsor (minimum 1m).

$$Le = \frac{Tallow \times FS}{(\tau_1 + \tau_2) \times E} \quad (2-20)$$



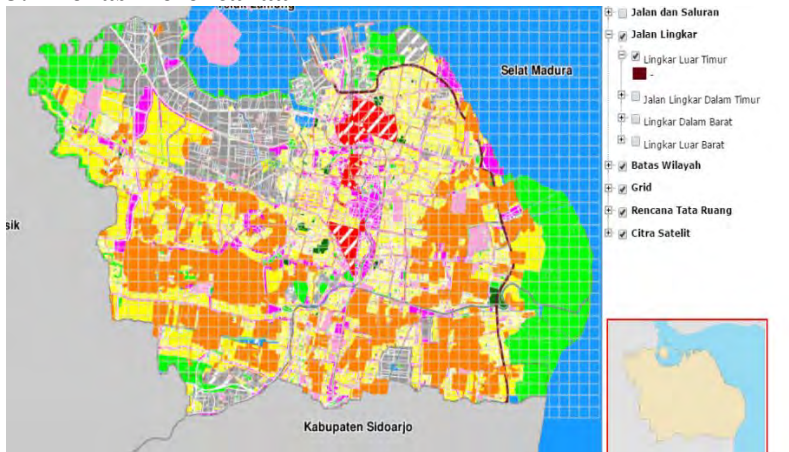
Gambar 2. 2 Sketsa kebutuhan panjang Geotekstil
(sumber : analisa data)

BAB III METODOLOGI

3.1 Objek Perencanaan

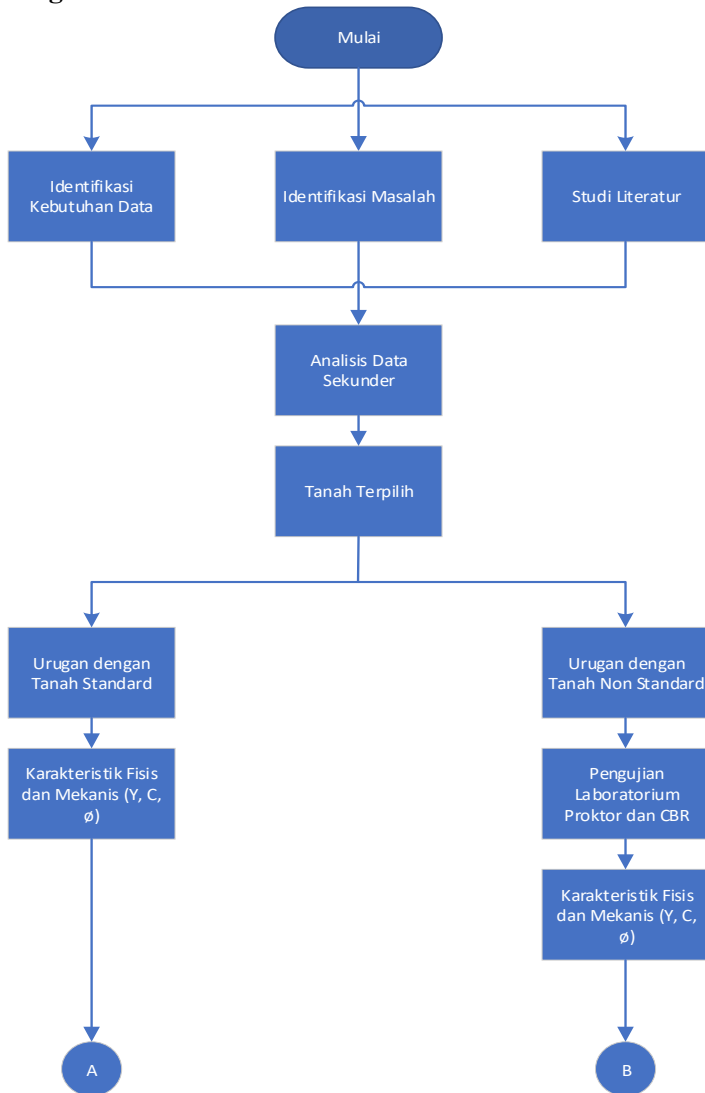
Objek perencanaan dalam tugas akhir ini adalah jalan bebas hambatan Outer East Ring Road (OERR) di Surabaya, Jawa timur yang memiliki tanah bersifat lunak dan sangat lunak.

3.2 Lokasi Perencanaan



Gambar 3. 1 Peta Jalur OERR (Outer East Ring Road)
(petaperuntukan.surabaya.go.id)

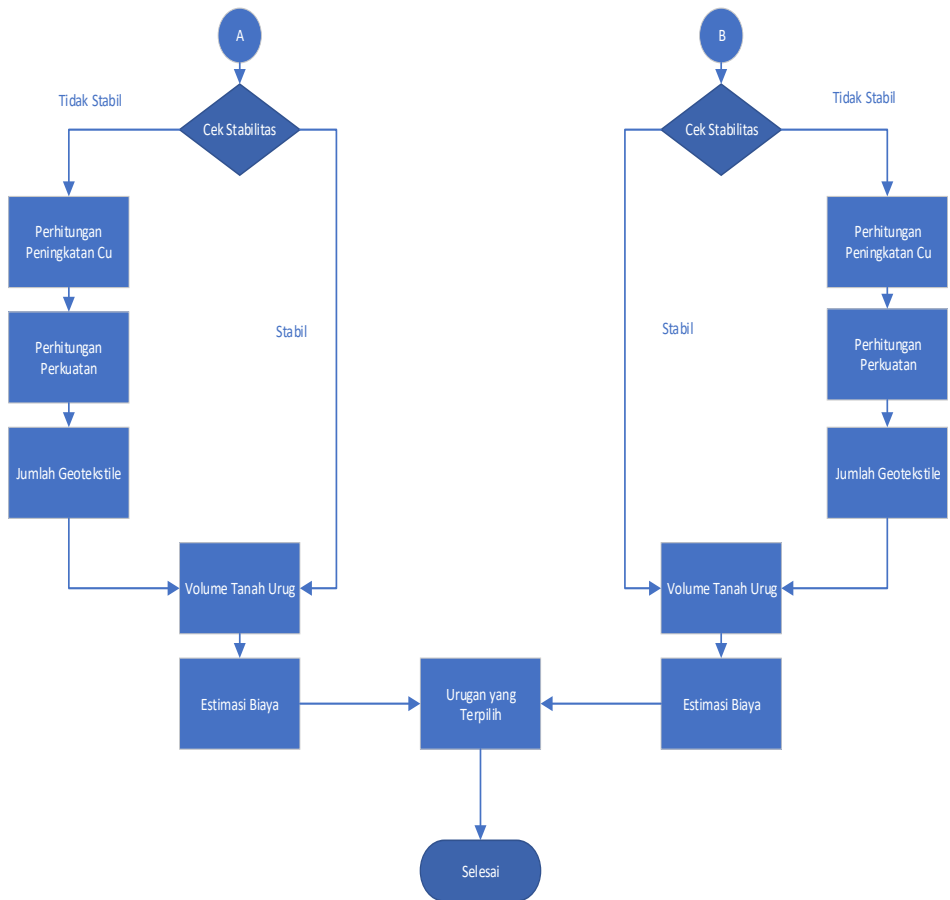
3.3 Bagan Alir



Gambar 3. 2 Bagan Alir



Gambar 3. 2 Bagan Alir (Lanjutan)



Gambar 3. 2 Bagan Alir (Lanjutan)

3.2 Studi Literatur

Studi Literatur dalam sebuah perencanaan mempunyai tujuan yaitu mengumpulkan referensi yang diperlukan untuk mendapatkan gambaran yang menyeluruh tentang perbaikan tanah dasar pada jalan. Adanya referensi akan mempermudah dan membantu dalam penyelesaian perencanaan ini. Referensi yang ada bisa didapatkan dari berbagai macam sumber, dimulai

dari diktat kuliah, buku-buku yang berhubungan dengan perencanaan tersebut, jurnal, bahkan dari internet.

Berikut ini adalah bahan yang nantinya akan digunakan sebagai acuan dalam melakukan perencanaan:

1. Teori Pemampatan/Settlement
2. Teori Waktu Konsolidasi
3. Teori Preloading
4. Teori Perencanaan Vertical Drain
5. Teori Perencanaan Geotextile
7. Perhitungan Stabilitas Timbunan
8. Referensi Penggunaan Geoslope

3.3 Analisis Data Sekunder

Untuk analisa data tanah menggunakan analisa berdasarkan kedalaman tanah lunak yang didapatkan dari parameter tanah yang berasal hasil test laboratorium, dengan analisa maka didapat data tanah yang digunakan untuk perhitungan pada tugas akhir.

3.4 Jenis Urugan

Membandingkan 2 jenis urugan tanah yaitu urugan dengan tanah standard dan urugan dengan urugan non-standard.

3.5 Pengujian Laboratorium

Untuk urugan non-standard dilakukan pengujian laboratorium yaitu uji proktor dan CBR. Hal ini dilakukan untuk mencari karakteristik fisis dan mekanis dari tanah urugan non-standard.

3.6 Perhitungan Penurunan

Dengan memperhitungkan beban yang berada diatas tanah dasar, ditemukan total penurunan yang terjadi pada tanah.

3.7 Perencanaan Tinggi Timbunan Awal

Dengan memperhitungkan total penurunan yang terjadi, dapat dihitung tinggi awal timbunan yang harus dilaksanakan untuk mencapai tinggi akhir yang sudah direncanakan.

3.8 Perhitungan Waktu Pemampatan

Melihat besarnya derajat konsolidasi total dan mendapatkan nilai C_h , dapat dihitung waktu yang dibutuhkan untuk mencapai penurunan 90%.

3.9 Merencanakan PVD dan PHD

Untuk mempercepat waktu pemampatan, perlu dilakukan pemilihan untuk pola pemasangan PVD dan jarak antar PVD, serta kebutuhan PVD dan PHD itu sendiri.

3.10 Cek Stabilitas

Cek stabilitas untuk *internal stability*, *overall stability* dan *foundation stability*.

3.11 Perhitungan Peningkatan C_u

Akibat penimbunan timbunan secara bertahap, C_u tanah dasar mengalami peningkatan. Selain menemukan C_u baru, juga dicari untuk C_u transisi.

3.12 Perhitungan Perkuatan

Perkuatan tanah dalam metodologi ini terdiri dari dua alternatif yang pada akhirnya selalu dicek angka keamanannya yakni menggunakan bahan geotextile yang memiliki kekuatan tarik yang mampu menahan kelongsoran pada timbunan ataupun dengan menggunakan micropile yang ditanamkan di bawah tanah timbunan yang memotong bidang longsor.

Perkuatan Tanah dengan Geotextile:

1. Menentukan Gaya Tarik Satu geotextile.
2. Menentukan jumlah lapis geotextile.
3. Menentukan panjang geotextile.

3.7 Volume Tanah Urugan

Menentukan total volume tanah urugan yang akan digunakan

3.8 Jumlah Geotekstil

Setelah perencanaan dari perbaikan tanah, maka jumlah seluruh material yang digunakan untuk perencanaan dihitung.

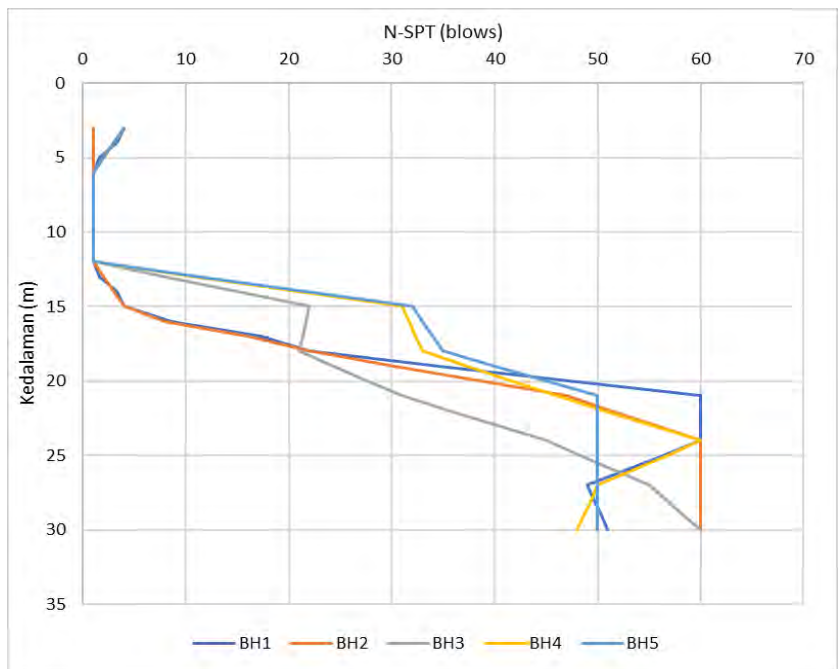
Dari jumlah material ini akan ditentukan alternatif perencanaan yang tepat.

3.9 Estimasi Biaya

Setelah jumlah material setiap alternatif dihitung maka dihitung total harga setiap alternatif. Total harga alternatif yang paling murah dan sesuai rencana yang akan digunakan pada tugas akhir ini.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

Penentuan perhitungan seperti settlement hanya terjadi pada tanah *compressible soil* sampai kedalaman dimana tanah tersebut tergolong *Medium Soil* dengan nilai N-SPT diatas 10. Pada grafik kedalaman vs N-SPT yang disajikan pada **Gambar 4.2**, dipilih data tanah Kenjeran 2 seperti yang dapat dilihat pada **Tabel 4.1** dengan dikarenakan letak *Medium Soil* berada pada kedalaman yang lebih dalam dari pada data tanah di wilayah Kenjeran lainnya. Dapat dilihat pada **Tabel 4.2**, N-SPT kedalaman 16 meter sebanyak 8 *blows*, dan kedalaman 17 meter sebanyak 16 *blows*, untuk analisis settlement hanya dilakukan sampai pada kedalaman tanah 17 meter.



Gambar 4. 2 Grafik Kedalaman VS N-SPT Kenjeran
(sumber: hasil Analisa)

Tabel 4. 1 Data Tanah Kenjeran 2
(sumber: rekap hasil test Laboratorium Mekanika Tanah dan
Batuan Jurusan Teknik Sipil ITS)

Kenjeran - 2												
kedalaman	jenis tanah	GS	e	Wc (%)	γ_t (t/m ³)	γ_d (t/m ³)	γ_{sat} (t/m ³)	P_p (kg/cm ²)	C_v (kg/cm ²)	LL (%)	PL (%)	IP (%)
0 m-12 m	very soft clay	2,55	1,4	55	1,65	1,1	1,65	1,13	0,0049	65,98	29	36,5
12 m-17 m	soft clay	2,52	1,4	58,3	1,63	1,1	1,63		0,0049	60,35	31	29,8

Tabel 4. 2 Nilai N-SPT Data Tanah Kenjeran 2
(sumber: rekap hasil test Laboratorium Mekanika Tanah dan
Batuan Jurusan Teknik Sipil ITS)

Kenjeran - 2										
Z (m)	N-SPT	GS	Wc (%)	n	γ_t (t/m ³)	γ_d (t/m ³)	γ_{sat} (t/m ³)	P_p (kg/cm ²)	C_v (kg/cm ²)	
1	0	2,55	29,04	58,4	1,65	1,1	1,65	1,13	0,0049	
2	0	2,55	29,04	58,4	1,65	1,1	1,65	1,13	0,0049	
3	1	2,55	29,04	58,4	1,65	1,1	1,65	1,13	0,0049	
4	1	2,55	29,04	58,4	1,65	1,1	1,65	1,13	0,0049	
5	1	2,55	29,04	58,4	1,65	1,1	1,65	1,13	0,0049	
6	1	2,55	29,04	58,4	1,65	1,1	1,65	1,13	0,0049	
7	1	2,55	29,04	58,4	1,65	1,1	1,65	1,13	0,0049	
8	1	2,55	29,04	58,4	1,65	1,1	1,65	1,13	0,0049	
9	1	2,52	33,84	58,3	1,63	1,1	1,63		0,0049	
10	1	2,52	33,84	58,3	1,63	1,1	1,63		0,0049	
11	1	2,52	33,84	58,3	1,63	1,1	1,63		0,0049	
12	1	2,52	33,84	58,3	1,63	1,1	1,63		0,0049	
13	2	2,52	33,84	58,3	1,63	1,1	1,63		0,0049	
14	3	2,52	33,84	58,3	1,63	1,1	1,63		0,0049	
15	4	2,52	33,84	58,3	1,63	1,1	1,63		0,0049	
16	8	2,64	55,46	47,2	1,87	1,4	1,87		0,0049	
17	16	2,64	55,46	47,2	1,87	1,4	1,87		0,0049	

4.2 Data Timbunan

4.2.1 Data Timbunan Urugan Standard

Untuk ketentuan data-data pada perencanaan tanah timbunan dengan urugan standard adalah sebagai berikut :

1. γ timbunan = 1,8 t/m³
2. C_u = 0 kPa
3. Φ = 30°

4.2.2 Data Timbunan Urugan Non-Standard

Data timbunan urugan non-standard di dapatkan dari pengujian sample tanah asli di wilayah Robotika ITS Surabaya. Pengujian laboratorium dilakukan dengan uji proktor dan uji CBR:

A. Pengujian Proktor

1. Pengambilan Sample



Gambar 4. 3 Pengambilan Sample

2. Sample di oven selama 2 hari
3. Sample ditumbuk dan diloloskan ayakan no #4
4. Sample disiapkan sebanyak 5 sample dengan berat 1,8 kg lalu setiap sample dicampur dengan air 125ml, 250ml, 375ml, 500ml, 625ml.



Gambar 4. 4 Sample ditimbang 1,8 kg

5. Sample dimasukkan kedalam plastik lalu diperam dan dibiarkan selama 1 hari.



Gambar 4. 5 Sample di peram

6. Setelah 1 hari, sample di uji proctor. Uji proctor yang dilakukan adalah uji standard. Ambil cawan dan mold kosong lalu ditimbang. Masukkan tanah kedalam mold sebanyak 3 fase yang setiap fasenya ditumbuk dengan 25 tumbukan jatuh. Timbang mold yang berisi tanah. Lalu diambil sedikit sample untuk ditimbang dengan cawan lalu dimasukkan kedalam oven selama 1 hari.

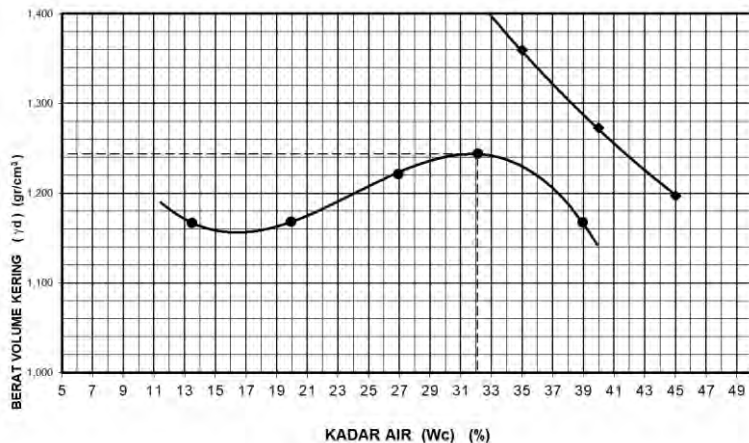


Gambar 4. 6 Uji Proktor

7. Setelah 1 hari, sample dikeluarkan dan ditimbang untuk menemukan berat cawan + tanah kering.
8. Buat grafik proctor untuk menemukan $\gamma_{d \text{ max}}$ dan $w_{c \text{ optimum}}$ yang akan digunakan untuk uji CBR. Didapatkan nilai $\gamma_{d \text{ max}}$ adalah $1,244 \text{ g/cm}^3$ dengan $w_{c \text{ optimum}}$ sebesar 32,10 %

Tabel 4. 3 Hasil test proctor

PENGUJIAN PROKTOR STANDARD									
(ASTM D 698-00; SNI 03-1742-1989)									
NAMA MHS	:	WILBERT							Tanggal : 11 DES' 2017
KEPERLUAN	:	PENELITIAN							Diuji oleh : Wilbert
LOKASI	:	SURABAYA							Diperiksa : -
QUARRY MATERIAL	:	ROBOTIKA ITS SURABAYA							Metode Tes : D
Material	:	lempung, abu-abu terang							Sample : 1
DIMENSI MOLD	:	Diameter (ϕ) : 10.15 cm	Berat Penumbuk	:	5.5 lb	Jumlah lapisan	:	3 layer	
	:	Tinggi (h) : 11.67 cm	Jmlh pukulan/lapis	:	25	Tinggi Jth Penumbuk	:	30 cm	
		unit	1	2	3	4	5	6	7
Berat Cawan		gr	50,800	39,000	48,400	42,700	38,200		
Berat cawan + tanah		gr	136,900	147,660	151,720	104,750	121,830		
Berat cawan + tanah kering		gr	126,700	129,600	129,800	89,671	98,400		
Berat Tanah kering		gr	75,900	90,600	81,400	46,971	60,200		
Berat Mold + tanah		gr	5186	5265	5417	5512	5490		
Berat Mold		gr	3836	3836	3836	3836	3836		
Berat Tanah		gr	1350	1429	1581	1676	1654		
Volume Mold		cm ³	1019,50	1019,5	1019,5	1019,5	1019,5		
Berat volume tanah (γ_t)		gr/cm ³	1,324	1,402	1,551	1,644	1,622		
Kadar air (Wc)		%	13,44	19,93	26,93	32,10	38,92		
Berat Volume Kering (γ_d)		gr/cm ³	1,167	1,169	1,222	1,244	1,168		

Gambar 4. 7 Grafik γ_d max dan wcoptimum

B. Uji CBR

1. Uji CBR dilakukan dengan 2 sample dengan total 8 kg yang dicampur dengan kadar air sebesar 22% (didapat dari uji proctor).



Gambar 4. 8 Sample di campur dengan w_{optimum}

2. Uji CBR yang dilakukan adalah uji standard. Ambil cawan dan mold kosong lalu ditimbang. Masukkan tanah kedalam mold sebanyak 3 fase yang setiap fasenya ditumbuk dengan 56 tumbukan jatuh. Timbang mold yang berisi tanah. Lalu diambil sedikit sample untuk ditimbang dengan cawan lalu dimasukkan kedalam oven selama 1 hari.



Gambar 4. 9 Persiapan Uji CBR

3. Mold yang berisi tanah diredam didalam air selama 3-4 hari untuk di uji CBR. Sebelum dimasukkan kedalam air, dilakukan uji *swelling* terlebih dahulu.



Gambar 4. 10 Mold + tanah direndam



Gambar 4. 11 Uji CBR

4. Dari uji CBR ditemukan bahwa urugan yang digunakan merupakan urugan non-standar dengan nilai CBR = 1,25% lebih kecil dari standard minimum CBR untuk timbunan jalan yaitu 6%. Hasil CBR dapat dilihat pada lampiran.
5. Nilai CBR 1,25% adalah nilai CBR *soaked* dan untuk CBR *unsoaked*, nilai CBR diperkirakan lebih besar dari 6%, sehingga konstruksi jalan menggunakan urugan non-standar hanya dapat dilakukan saat musim kemarau.

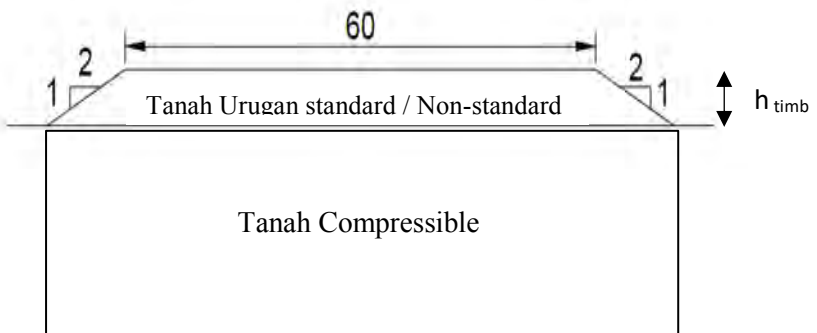
C. Untuk ketentuan data-data pada perencanaan tanah timbunan dengan urugan non-standar adalah sebagai berikut :

1. $\gamma_d \text{ max}$ = 1,244 g/cm³
2. $w_c \text{ optimum}$ = 32,10 %
3. γ_t = 1,644 g/cm³
4. C_u = 12,5 kPa
5. Φ = 0°

4.4 Data Penampang Jalan

Data rencana penampang jalan sebagai berikut:

- H timbunan = bervariasi (2,5 m, 3 m, 4 m, 5 m, 6 m, 7 m)
- Lebar Jalan = 60 m
- Kemiringan Timbunan = 1: 2
- Tebal Perkerasan = 55 cm



Gambar 4. 12 Penampang Jalan

BAB V

PERHITUNGAN DAN ANALISA

5.1 Perencanaan Penampang Jalan dengan urugan standard

Pada tugas akhir ini direncanakan volume total timbunan apabila menggunakan urugan standard. Merencanakan stabilitas timbunan dan menghitung kebutuhan perkuatannya. Menghitung waktu konsolidasi yang terjadi agar tidak melebihi waktu umur proyek.

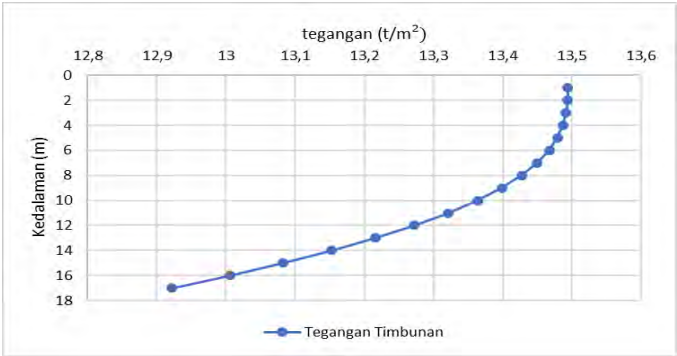
5.1.1 Perhitungan H initial dan H final

Perhitungan tinggi timbunan awal didasarkan pada beban-beban yang berlaku pada timbunan. Beban yang terjadi pada timbunan menimbulkan penurunan terhadap tanah dasar. Penurunan yang terjadi sangat mempengaruhi tinggi timbunan awal sehingga diharapkan dapat mencapai ketinggian timbunan akhir yang direncanakan.

1. Perhitungan *Settlement*

Perhitungan *settlement* terjadi akibat adanya beban timbunan dan beban perkerasan. q_0 adalah tegangan yang direncanakan untuk mencari tinggi timbunan awal dengan target timbunan akhir yang direncanakan. Apabila diberikan beban q_0 , distribusi tegangan yang terjadi dapat dilihat pada **Gambar 5.1** dan perhitungan *settlement* akibat beban timbunan dapat dilihat pada **Tabel 5.1**.

$$\begin{array}{ll} q_0 & = 13,5 \text{ t/m}^2 \text{ (dimisalkan)} \\ \gamma \text{ timbunan} & = 1,8 \text{ t/m}^3 \end{array}$$



Gambar 5. 1 Diagram tegangan akibat q = 13,5 t/m²

Tabel 5. 1 *Settlement* Akibat Beban Timbunan (urugan standard)

Elevasi Z (m)	γ' (t/m ³)	Titik Tinjau (m)	σ_o (t/m ²)	$\sigma_o + \Delta\sigma$ (t/m ²)	$\sigma'c$ (t/m ²)	$Sc (\sigma'c + \Delta\sigma \leq \sigma'c)$ (m)	$Sc (\sigma'c + \Delta\sigma > \sigma'c)$ (m)	Sc pakai (m)
1	0,646	0,5	0,323	13,818	2,323	0,043	0,235	0,235
2	0,646	1,5	0,969	14,463	2,969	0,038	0,194	0,194
3	0,646	2,5	1,615	15,107	3,615	0,034	0,170	0,17
4	0,646	3,5	2,261	15,748	4,261	0,031	0,153	0,153
5	0,646	4,5	2,907	16,387	4,907	0,029	0,140	0,14
6	0,646	5,5	3,553	17,02	5,553	0,027	0,129	0,129
7	0,646	6,5	4,199	17,649	6,199	0,025	0,120	0,12
8	0,646	7,5	4,845	18,273	6,845	0,023	0,112	0,112
9	0,646	8,5	5,491	18,89	7,491	0,022	0,105	0,105
10	0,646	9,5	6,137	19,501	8,137	0,021	0,099	0,099
11	0,646	10,5	6,783	20,104	8,783	0,020	0,094	0,094
12	0,646	11,5	7,429	20,701	9,429	0,019	0,089	0,089
13	0,634	12,5	8,069	21,285	10,07	0,017	0,080	0,08
14	0,634	13,5	8,703	21,856	10,7	0,016	0,076	0,076
15	0,634	14,5	9,337	22,419	11,34	0,015	0,072	0,072
16	0,634	15,5	9,971	22,976	11,97	0,014	0,069	0,069
17	0,634	16,5	10,605	23,527	12,61	0,014	0,066	0,066
					Sc Total Timbunan			2,001

Untuk perhitungan *settlement* akibat *pavement*, digunakan asumsi q sebesar $1,573 \text{ t/m}^2$, q yang diasumsikan adalah berdasarkan besarnya q aspal sehingga didapatkan total *settlement* akibat beban *pavement* seperti yang dapat dilihat pada **Tabel 5.2**.

Tabel 5. 2 *Settlement* Akibat Beban *Pavement* (urugan standard)

Elevasi Z (m)	Q asumsi (t/m ²)	Titik Tinjau (m)	$\Delta\sigma$ (t/m ²)	σ'_{o+} $\Delta\sigma$ (t/m ²)	Sc (m)
1	1,573	9,112	1,5546	1,8776	0,042
2	1,573	10,11	1,5487	2,5177	0,023
3	1,573	11,11	1,5418	3,1568	0,016
4	1,573	12,11	1,5339	3,7949	0,012
5	1,573	13,11	1,525	4,432	0,01
6	1,573	14,11	1,5151	5,0681	0,008
7	1,573	15,11	1,5044	5,7034	0,007
8	1,573	16,11	1,4927	6,3377	0,006
9	1,573	17,11	1,4803	6,9713	0,006
10	1,573	18,11	1,4671	7,6041	0,005
11	1,573	19,11	1,4532	8,2362	0,005
12	1,573	20,11	1,4387	8,8677	0,004
13	1,573	21,11	1,4237	9,4927	0,004
14	1,573	22,11	1,4083	10,111	0,003
15	1,573	23,11	1,3924	10,729	0,003
16	1,573	24,11	1,3762	11,347	0,003
17	1,573	25,11	1,3598	11,965	0,003
			SC perkerasan		0,161

2. Tinggi Final Timbunan

Tinggi final digunakan untuk mengetahui hasil akhir dari tinggi timbunan setelah terjadi pemampatan. Untuk mencari tinggi final timbunan dapat dilakukan dengan cara berikut :

1. Mencari $H_{initial}$

$$\begin{aligned} H_{initial} &= q + (Sc \times \gamma_{water}) / \gamma_{timbunan} \\ &= 13,5 + (2,16 \times 1) / 1,8 \\ &= 8,61 \text{ m} \end{aligned}$$

2. Mencari H_{final} sementara

$$\begin{aligned} H_{final} &= H_{initial} - \text{Total Sc} \\ &= 8,61 - 2,16 \\ &= 6,45 \text{ m} \end{aligned}$$

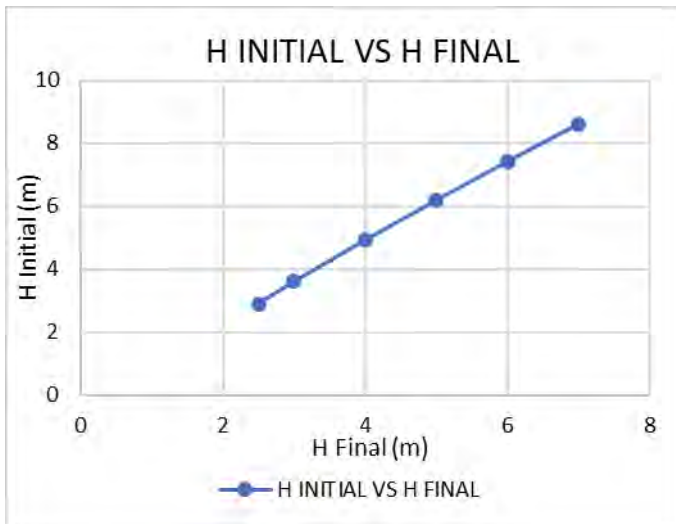
3. Mencari H_{final} pelaksanaan

$$\begin{aligned} H_{final} &= H_{final \text{ sementara}} + H_{pavement} \\ &= 6,45 + 0,55 \\ &= 7 \text{ m} \end{aligned}$$

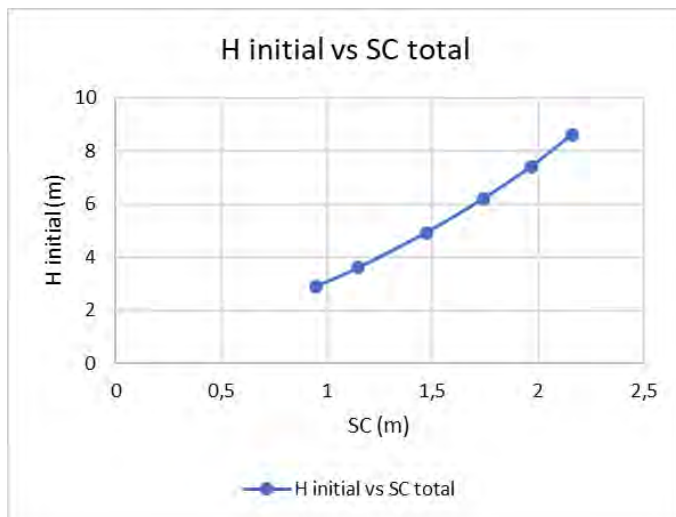
Tinggi final didapatkan dengan membuat variasi percobaan tinggi timbunan sehingga didapatkan *settlement* seperti yang dapat dilihat pada **Tabel 5.3**. Dari hasil tersebut kemudian didapatkan grafik hubungan tinggi timbunan awal dengan timbunan akhir pada **Gambar 5.2** dan grafik hubungan tinggi timbunan awal dengan *settlement* pada **Gambar 5.3** serta grafik hubungan tinggi timbunan akhir dengan *settlement* pada **Gambar 5.4**.

Tabel 5. 3 $H_{initial}$, H_{final} , *Settlement* (urugan standard)

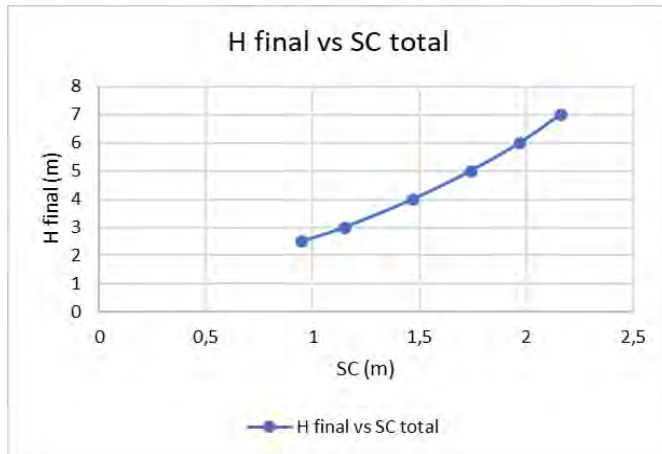
$q \text{ (t/m}^2\text{)}$	$H_{initial} \text{ (m)}$	$H_{final} \text{ sementara (m)}$	$H_{final} \text{ pelaksanaan (m)}$	$Sc \text{ Total (m)}$
4,43	2,9	1,95	2,5	0,95
5,5	3,6	2,45	3	1,15
7,55	4,92	3,45	4	1,47
9,56	6,19	4,45	5	1,74
11,55	7,42	5,45	6	1,97
13,5	8,61	6,45	7	2,16



Gambar 5. 2 Grafik H_{initial} vs H_{final} (urugan standard)



Gambar 5. 3 Grafik H_{initial} vs SC_{total} (urugan standard)



Gambar 5. 4 Grafik H_{final} vs SC_{total} (urugan standard)

5.1.2 Waktu Pemampatan

Setelah didapatkan besar pemampatan yang terjadi, dilakukan perhitungan waktu konsolidasi yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pemampatan tersebut. Hal ini dilakukan untuk menentukan perlu atau tidaknya perbaikan tanah dasar untuk mempercepat waktu pemampatan yang terjadi. Parameter tanah yang dibutuhkan untuk menghitung waktu konsolidasi pada

Tabel 5.4

Tabel 5. 4 Parameter tanah untuk menghitung waktu konsolidasi

Kedalaman (m)	H (m)	C_v (cm^2/detik)	$h/\sqrt{C_v}$
1	1	0,0049	14,2857143
2	1	0,0049	14,2857143
3	1	0,0049	14,2857143
4	1	0,0049	14,2857143
5	1	0,0049	14,2857143
6	1	0,0049	14,2857143

7	1	0,0049	14,2857143
8	1	0,0049	14,2857143
9	1	0,0049	14,2857143
10	1	0,0049	14,2857143
11	1	0,0049	14,2857143
12	1	0,0049	14,2857143
13	1	0,0049	14,2857143
14	1	0,0049	14,2857143
15	1	0,0049	14,2857143
16	1	0,0049	14,2857143
17	1	0,0049	14,2857143
H total	17		242,857143

$$\begin{aligned}
 C_v \text{ gabungan} &= (242,857 / 17)^2 \\
 &= 0,0049 \text{ cm}^2/\text{detik} \\
 &= 0,296 \text{ m}^2/\text{minggu}
 \end{aligned}$$

$$C_h \text{ gabungan} = 2 \times C_v = 0,952 \text{ m}^2/\text{minggu}$$

Dengan $U = 90\%$ didapat $T_v = 0,848$. Sehingga didapatkan waktu konsolidasi sebagai berikut :

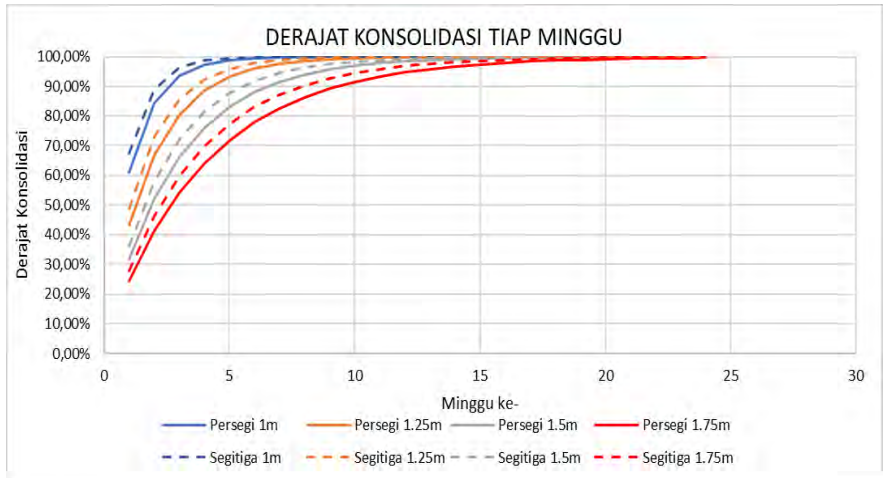
$$\begin{aligned}
 t &= 0,848 \times (17/2)^2 / 0,296 \\
 &= 826,96 \text{ minggu} \\
 &= 17 \text{ tahun}
 \end{aligned}$$

Dikarenakan waktu konsolidasi 90% melebihi umur proyek, maka perlu direncanakan untuk pemakaian vertical drain untuk mempercepat waktu konsolidasi.

5.1.3 Perencanaan PVD (Prefabricated Vertical Drain)

Perencanaan perbaikan tanah dengan metode PVD yang nantinya dikombinasikan dengan preloading diharapkan dapat mempercepat dengan pola pemasangan segi empat dan dihitung jarak PVD yang dibutuhkan sesuai waktu tunggu yang diijinkan. Waktu pemampatan

yang diijinkan antara 4-6 bulan. Perencanaan PVD dalam tugas akhir ini menggunakan PVD CT-D812 dengan lebar 100 mm dan tebal 5 mm. Sehingga didapatkan hasil seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 5.5**.



Gambar 5. 5 Grafik Hubungan antara waktu konsolidasi VS Derajat Konsolidasi Pola Pemasangan PVD

Dari hasil diatas diketahui bahwa untuk mencapai derajat konsolidasi 94% dengan menggunakan PVD pola pemasangan segi empat dengan jarak 1,75 m diperlukan waktu selama 12 minggu seperti yang dapat dilihat pada **Tabel 5.5**.

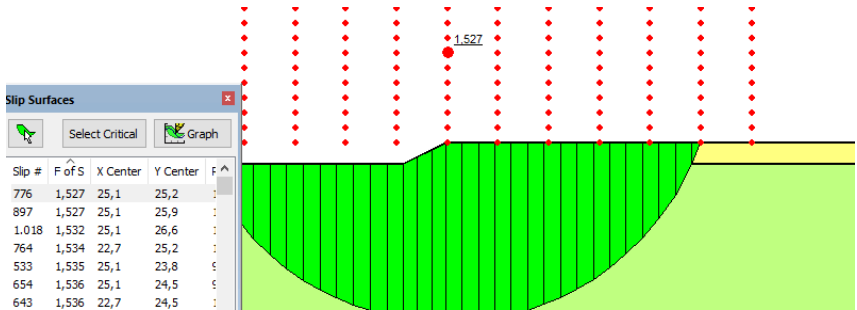
Tabel 5. 5 PVD pemasangan pola segi empat jarak 1,75 m

Konfigurasi	Persegi	PEMILIHAN PVD YANG AKAN DIGUNAKAN		
Jarak (mm)	1750			
Kedalaman (m)	17			
Lama Pemampatan (minggu)	12			
T (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	U total (%)
1	0,002050879	5,1%	20,5%	24,6%
2	0,004101758	7,2%	36,8%	41,4%
3	0,006152637	8,9%	49,8%	54,2%
4	0,008203516	10,2%	60,1%	64,2%
5	0,010254394	11,4%	68,3%	71,9%
6	0,012305273	12,5%	74,8%	77,9%
7	0,014356152	13,5%	80,0%	82,7%
8	0,016407031	14,5%	84,1%	86,4%
9	0,01845791	15,3%	87,3%	89,3%
10	0,020508789	16,2%	89,9%	91,6%
11	0,022559668	16,9%	92,0%	93,4%
12	0,024610547	17,7%	93,6%	94,8%

5.1.4 Perhitungan Stabilitas dari Timbunan Pelaksanaan

Dalam penggunaan metode *Pre-Loading* sebagai metode perbaikan dari tanah dasar maka timbunan yang direncanakan dipasang di lapangan tidak hanya berupa timbunan rencana namun juga terdapat beban timbunan *Pre-Loading* sebagai pengganti dari beban-beban yang akan bekerja di atas timbunan. Dengan adanya beban tambahan *Pre-Loading* tersebut maka stabilitas dari timbunan harus dikontrol. Perhitungan stabilitas dari timbunan pelaksanaan dilakukan dengan menggunakan bantuan software Geoslope.

Dari hasil Geoslope seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 5.6.**, didapatkan tinggi timbunan kritis untuk $SF > 1,2$ adalah setinggi 1 m dengan $SF 1,527$ sehingga untuk tanah timbunan dengan tinggi di atas 1 m perlu dipasang perkuatan. Perkuatan yang direncanakan untuk digunakan adalah perkuatan tanah timbunan dengan menggunakan geotekstil.



Gambar 5. 6 Tinggi Kritis (urugan standard)

5.1.5 Peningkatan Daya Dukung

Suatu timbunan akan mengalami peningkatan daya dukung diakhir masa penimbunan. Kenaikan daya dukung dapat membuat suatu tanah memiliki kestabilan yang lebih aman. Contoh perhitungan peningkatan daya dukung memberikan contoh tinggi timbunan final 7m dengan tinggi initial 8,61 m yang akan dipercepat pemampatannya dengan PVD dengan pola pemasangan persegi dengan jarak 1,75 meter dan mencapai derajat konsolidasi pada minggu ke-12. Hasil perhitungan peningkatan daya dukung dapat dilihat pada **Tabel 5.6 - Tabel 5.9.**

- Pada Akhir Masa Penimbunan (minggu ke 12)
Titik tinjau 1 meter
 $\sigma'_{o} = 0,323 \text{ t/m}^2$

$$\Delta p_1 = \left(\frac{\sigma'_{o} + \Delta \sigma \text{ tahap 1}}{\sigma'_{o}} \right)^{U_{total12}} \times \sigma'_{o} - \sigma'_{o}$$

$$\Delta p_1 = \left(\frac{1,672}{0,323} \right)^{0,95} \times 0,323 - 0,323$$

$$\Delta p_1 = 1,21 \text{ t/m}^2$$

$$\Delta p_2 = \left(\frac{\sigma'_o + \Delta\sigma \text{ tahap 2}}{\sigma'_o + \Delta\sigma \text{ tahap 1}} \right)^{U_{total11}} \times (\sigma'_o + \Delta\sigma \text{ tahap 1}) - (\sigma'_o + \Delta\sigma \text{ tahap 1})$$

$$\Delta p_2 = \left(\frac{3,022}{1,672} \right)^{0,93} \times 1,672 - 1,672$$

$$\Delta p_2 = 1,23 \text{ t/m}^2$$

Perhitungan dilanjutkan hingga Δp_{12} lalu dijumlahkan.

$$\sum \sigma' H - 1 \text{ meter} = \sigma'_o + \sum_{i=1}^{12} \Delta p_i = 11,653 \text{ t/m}^2$$

$$P_i = 36,52\%$$

$$\begin{aligned} Cu_{\text{baru}} &= 0,0737 + (0,1899 - 0,0016 \times P_i) \times \sum \sigma' \\ &= 0,0737 + (0,1899 - 0,0016 \times 36,52) \times 1,165 \\ &= 0,227 \text{ kg/cm}^2 = 22,7 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$Cu_{\text{transisi}} = (5 + 22,7) : 2 = 13,85 \text{ kPa}$$

- Pada Akhir Masa Pemampatan (minggu ke 24)

$$\sum \sigma' H - 1 \text{ meter} = \sigma'_o + \sum_{i=1}^{24} \Delta p_i = 15,565 \text{ t/m}^2$$

$$P_i = 36,52\%$$

$$\begin{aligned} Cu_{\text{baru}} &= 0,0737 + (0,1899 - 0,0016 \times P_i) \times \sum \sigma' \\ &= 0,0737 + (0,1899 - 0,0016 \times 36,52) \times 1,556 \\ &= 0,278 \text{ kg/cm}^2 = 27,8 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$Cu_{\text{transisi}} = (5 + 27,8) : 2 = 16,4 \text{ kPa}$$

Tabel 5. 6 Rekap pembebanan pada akhir penimbunan (minggu ke-12) (urutan standard)

Tahap ke -		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total Tegangan (t/m²)
Umur (minggu)		0	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
U total		0	0,9476	0,9335	0,9156	0,8927	0,8637	0,8266	0,7793	0,7189	0,6416	0,5422	0,4138	0,2457	
Kedalaman		Tegangan (t/m²)													
0	1	0,3115	1,21	1,23	1,22	1,19	1,15	1,10	1,03	0,95	0,85	0,71	0,54	0,16	11,65
1	2	0,9345	1,25	1,24	1,22	1,19	1,15	1,10	1,04	0,95	0,85	0,72	0,54	0,16	12,33
2	3	1,5575	1,26	1,24	1,22	1,19	1,15	1,10	1,04	0,95	0,85	0,72	0,54	0,16	12,97
3	4	2,198	1,26	1,24	1,22	1,19	1,15	1,10	1,04	0,95	0,85	0,71	0,54	0,16	13,62
4	5	2,856	1,26	1,25	1,22	1,19	1,15	1,10	1,03	0,95	0,85	0,71	0,54	0,16	14,27
5	6	3,514	1,26	1,25	1,22	1,19	1,15	1,10	1,03	0,95	0,84	0,71	0,54	0,15	14,91
6	7	4,1785	1,26	1,24	1,22	1,19	1,15	1,09	1,03	0,95	0,84	0,70	0,53	0,15	15,54
7	8	4,8495	1,26	1,24	1,22	1,18	1,14	1,09	1,02	0,94	0,83	0,70	0,53	0,15	16,17
8	9	5,5205	1,26	1,24	1,21	1,18	1,14	1,09	1,02	0,93	0,83	0,69	0,52	0,15	16,78
9	10	6,1915	1,26	1,24	1,21	1,18	1,13	1,08	1,01	0,93	0,82	0,68	0,51	0,14	17,38
10	11	6,856	1,25	1,23	1,20	1,17	1,13	1,07	1,00	0,92	0,81	0,67	0,50	0,14	17,96
11	12	7,514	1,25	1,23	1,20	1,16	1,12	1,06	0,99	0,91	0,80	0,66	0,49	0,14	18,53
12	13	8,172	1,24	1,22	1,19	1,16	1,11	1,05	0,98	0,90	0,79	0,65	0,48	0,13	19,08
13	14	8,8365	1,24	1,21	1,18	1,15	1,10	1,04	0,97	0,88	0,77	0,64	0,47	0,13	19,63
14	15	9,5075	1,23	1,21	1,17	1,14	1,09	1,03	0,96	0,87	0,76	0,63	0,46	0,13	20,18
15	16	10,1785	1,22	1,20	1,16	1,13	1,08	1,02	0,95	0,86	0,75	0,61	0,45	0,12	20,73
16	17	10,8495	1,21	1,19	1,15	1,11	1,07	1,01	0,93	0,84	0,73	0,60	0,44	0,12	21,26

Tabel 5. 7 Rekap pembebanan pada akhir pemampatan (minggu ke-24) (urugan standard)

Tahap ke -	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total Tegangan (t/m²)		
Umur (minggu)	0	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13			
U total	0	0,9970	0,9962	0,9951	0,9938	0,9922	0,9901	0,9874	0,9841	0,9798	0,9744	0,9675	0,9587			
Kedalaman		Tegangan (t/m²)														
0	1	0,3115	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,33	1,33	1,33	1,32	1,31	1,30	0,62	15,56	
1	2	0,9345	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,33	1,33	1,33	1,32	1,31	1,30	0,62	16,19	
2	3	1,5575	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,33	1,33	1,33	1,32	1,31	1,30	0,62	16,81	
3	4	2,198	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,33	1,33	1,33	1,32	1,32	1,31	1,30	0,62	17,43
4	5	2,856	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,33	1,33	1,33	1,32	1,31	1,30	1,29	0,61	18,05
5	6	3,514	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,33	1,33	1,32	1,32	1,31	1,30	1,28	0,61	18,66
6	7	4,1785	1,34	1,34	1,34	1,33	1,33	1,32	1,32	1,31	1,30	1,29	1,27	0,60	19,26	
7	8	4,8495	1,34	1,33	1,33	1,33	1,32	1,32	1,31	1,30	1,29	1,28	1,26	0,59	19,85	
8	9	5,5205	1,33	1,33	1,33	1,32	1,32	1,31	1,30	1,29	1,28	1,26	1,24	0,58	20,42	
9	10	6,1915	1,33	1,33	1,32	1,32	1,31	1,30	1,29	1,28	1,27	1,25	1,22	0,57	20,98	
10	11	6,856	1,33	1,32	1,32	1,31	1,30	1,29	1,28	1,27	1,25	1,23	1,20	0,55	21,51	
11	12	7,514	1,32	1,31	1,31	1,30	1,29	1,28	1,27	1,25	1,23	1,21	1,18	0,54	22,02	
12	13	8,172	1,31	1,31	1,30	1,29	1,28	1,27	1,26	1,24	1,21	1,19	1,15	0,53	22,51	
13	14	8,8365	1,31	1,30	1,29	1,28	1,27	1,26	1,24	1,22	1,20	1,16	1,13	0,51	23,00	
14	15	9,5075	1,30	1,29	1,28	1,27	1,26	1,24	1,22	1,20	1,17	1,14	1,10	0,50	23,49	
15	16	10,1785	1,29	1,28	1,27	1,26	1,24	1,23	1,21	1,18	1,15	1,12	1,07	0,48	23,97	
16	17	10,8495	1,28	1,27	1,26	1,25	1,23	1,21	1,19	1,16	1,13	1,09	1,05	0,47	24,44	

Tabel 5. 8 Daya Dukung Tanah pada Timbunan 7 m di akhir masa Penimbunan (urugan standard)

Kedalaman (m)	Jenis Tanah	Pi (%)	Tegangan (kg/cm ²)	C _u baru (kg/cm ²)	C _u baru (kPa)	C _u lama (Kpa)	C _u transisi (kPa)
1	1	36,52	1,17	0,23	22,69	5	13,85
2	1	36,52	1,23	0,24	23,58	5	14,29
3	1	36,52	1,30	0,24	24,42	5	14,71
4	1	36,52	1,36	0,25	25,27	5	15,14
5	1	36,52	1,43	0,26	26,13	5	15,56
6	1	36,52	1,49	0,27	26,97	5	15,98
7	1	36,52	1,55	0,28	27,80	5	16,40
8	1	36,52	1,62	0,29	28,62	5	16,81
9	1	36,52	1,68	0,29	29,43	5	17,21
10	1	36,52	1,74	0,30	30,22	5	17,61
11	1	36,52	1,80	0,31	30,98	5	17,99
12	1	36,52	1,85	0,32	31,73	5	18,36
13	2	29,83	1,91	0,34	34,50	6	20,25
14	2	29,83	1,96	0,35	35,28	6	20,64
15	2	29,83	2,02	0,36	36,07	6	21,03
16	2	29,83	2,07	0,37	36,84	6	21,42
17	2	29,83	2,13	0,38	37,60	6	21,80

Tabel 5. 9 Daya Dukung Tanah pada Timbunan 7 m di akhir masa Pemampatan (urugan standard)

Kedalaman (m)	Jenis Tanah	Pi (%)	Tegangan (kg/cm ²)	C _u baru (kg/cm ²)	C _u baru (kPa)	C _u lama (Kpa)	C _u transisi (kPa)
1	1	36,52	1,56	0,28	27,83	5	16,42
2	1	36,52	1,62	0,29	28,65	5	16,83
3	1	36,52	1,68	0,29	29,46	5	17,23
4	1	36,52	1,74	0,30	30,28	5	17,64
5	1	36,52	1,81	0,31	31,11	5	18,05
6	1	36,52	1,87	0,32	31,91	5	18,45
7	1	36,52	1,93	0,33	32,70	5	18,85
8	1	36,52	1,99	0,33	33,47	5	19,23
9	1	36,52	2,04	0,34	34,22	5	19,61
10	1	36,52	2,10	0,35	34,95	5	19,97
11	1	36,52	2,15	0,36	35,64	5	20,32
12	1	36,52	2,20	0,36	36,31	5	20,66
13	2	29,83	2,25	0,39	39,38	6	22,69
14	2	29,83	2,30	0,40	40,07	6	23,04
15	2	29,83	2,35	0,41	40,77	6	23,38
16	2	29,83	2,40	0,41	41,45	6	23,73
17	2	29,83	2,44	0,42	42,12	6	24,06

Dari hasil perhitungan untuk timbunan ketinggian 2,5 m, 3 m, 4 m, 5 m, 6 m, 7 m, didapatkan rekap c_u untuk

beberapa contoh kedalaman seperti yang dapat dilihat pada **Tabel 5.10** yang akan digunakan untuk analisa stabilitas pada geoslope.

Tabel 5. 10 Rekap C_u (urugan standard)

timbunan (m)	kedalaman (m)	C_u lama (kPa)	Akhir minggu ke	C_u baru (kPa)	C_u transisi (kPa)	Akhir minggu ke	C_u baru (kPa)	C_u transisi (kPa)
2,5	1 m	5	4	10,4	7,7	16	14,4	9,7
	12 m	6		22,26	14,13		26	16
3	1 m	5	5	11,6	8,3	17	17	11
	12 m	6		23,5	14,75		29	17,5
4	1 m	5	7	14,4	9,7	19	19	12
	12 m	6		26,4	16,2		30,8	18,4
5	1 m	5	9	17,5	11,25	21	22,1	13,55
	12 m	6		29,4	17,7		33,9	19,95
6	1 m	5	10	19,4	12,2	22	25	15
	12 m	6		31,3	18,65		36,7	21,35
7	1 m	5	12	22,7	13,85	24	27,8	16,4
	12 m	6		34,5	20,25		39,4	22,7

5.1.6 Perencanaan Jumlah Geotektile

Dari Analisa geoslope, di dapatkan nilai SF, koordinat pusat lingkaran (x,y), jari-jari kelongsoran dan momen resisten yang akan digunakan untuk mencari jumlah dan panjang geotekstil yang diperlukan.

Geotekstil direncanakan menggunakan geotekstil dengan besar kekuatan tarik ultimate (T-Ultimate) 100 kN/m', dan difungsikan sebagai perkuatan timbunan, sehingga dengan fungsi tersebut maka terdapat beberapa faktor keamanan yang perlu untuk diperhitungkan guna mengakomodasi kesalahan-kesalahan yang mungkin terjadi selama pelaksanaan di lapangan baik itu akibat kesalahan pemasangan, rangkai, pengaruh kimia atau pun akibat pengaruh biologi.

Untuk geotekstil yang digunakan sebagai perkuatan timbunan (embankments) memiliki kisaran besar faktor keamanan sebagai berikut:

- Faktor Pemasangan (FSID) = 1,1 – 2,0 (digunakan 1,2)
- Faktor Rangkai (FSCR) = 2,0 – 3,0 (digunakan 2,3)

- Faktor Kimia (FSCD) = 1,0 – 1,5 (digunakan 1,1)
- Faktor Biologi (FSBD) = 1,0 – 1,3 (digunakan 1,1)

Dengan faktor-faktor keamanan tersebut, serta kuat tarik ultimate 100 kN/m', maka besar kuat tarik ijin dari geotekstil sebagai perkuatan timbunan dapat dihitung sebagai berikut:

$$T_{allow} = \frac{T}{FSid \times FScr \times FScd \times FSbd}$$

$$T_{allow} = \frac{100}{1,2 \times 2,3 \times 1,1 \times 1,1}$$

$$T_{allow} = 29,94 \text{ kN/m'}$$

Sehingga didapatkan besarnya kuat tarik ijin dari geotekstil sebagai perkuatan timbunan adalah sebesar 29,94 ton/m'. Selanjutnya perhitungan geotekstil sebagai timbunan didasarkan pada kuat tarik ijin tersebut.

1. Internal Stability

$$\begin{aligned} \gamma_{sat} &= 1,8 \text{ t/m}^2 \\ \phi &= 30^\circ \text{ sehingga } ka = 0,33 \\ h &= 7 \text{ m (hfinal)} \\ cu &= 0 \text{ Kpa} \\ q &= 1 \text{ kN} \\ SF &= 2 \end{aligned}$$

$$Pa \leq \frac{S1 \times n}{SF}$$

$$[0,5 h ((q + \gamma' h) ka - 2C\sqrt{ka})] \leq \frac{S1 \times n}{SF}$$

$$\left[0,5 \times 7 \left((1 + 0,8 \times 7) \times \frac{1}{3} - 2 \times 0 \sqrt{\frac{1}{3}} \right) \right] \leq \frac{29,94 \times n}{2}$$

$$n = 1 \text{ buah}$$

2. Foundation Stability

$$Cu \text{ transisi} = 16,4 \text{ Kpa}$$

$$Cu \text{ lama} = 5 \text{ Kpa}$$

$$Cu \text{ baru} = 27,8 \text{ Kpa}$$

$$Q \text{ akibat timbunan} = 13,5 \text{ t/m}^2$$

$$L = 2 \times h = 14\text{m}$$

$$SF = 2$$

Ditinjau hingga kedalaman 12 meter

$$Pa = 0,5 h \left((\gamma' h)ka - 2 Cu_{baru} \sqrt{ka} \right) + (\gamma_{timb} h_{timb} + q)ka$$

$$= 0,5 \times 12 \left((0,646 \times 12) \frac{1}{3} - 2 \times 27,8 \sqrt{\frac{1}{3}} \right) + (0,8 \times 7 + 1) \frac{1}{3}$$

$$= 1,57 \text{ ton}$$

$$Pp = (0,5 h (\gamma' h kp)) + (2 Cu_{lama} \sqrt{kp} h)$$

$$= (0,5 \times 12 (0,646 \times 12 \times 3)) + (2 \times 5 \sqrt{3} \times 12)$$

$$= 160,32 \text{ ton}$$

$$2 \times Cu \text{ transisi} \times L = 2 \times 16,4 \times (2 \times 7) = 45,92 \text{ ton}$$

$$Pa \leq \frac{Pp + 2 Cu L + S1}{SF}$$

$$1,57 \leq \frac{160,32 + 45,92 + 2,99}{2}$$

$$1,57 \leq 104,615 \text{ (memenuhi persyaratan)}$$

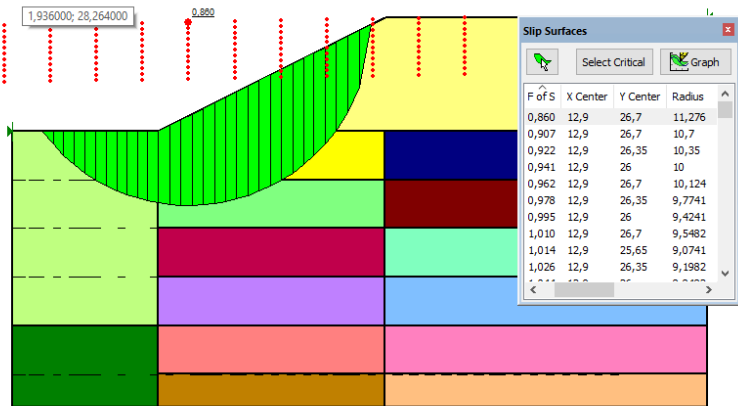
geotekstil dengan Tultimate $100 \frac{\text{kN}}{\text{m'}}$ dapat digunakan

3. Overall Stability

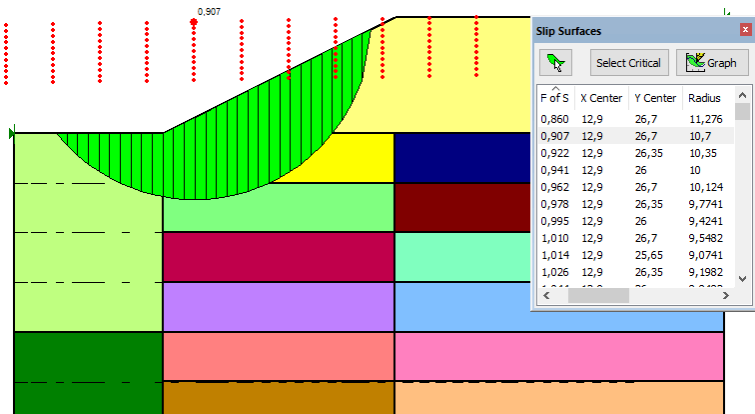
Setelah melakukan input percobaan bidang longsor pada geoslope, didapatkan rekap bidang longsor seperti yang dapat dilihat pada **Table 5.11**

Tabel 5. 11 Rekap Bidang Longsor (urugan standard)

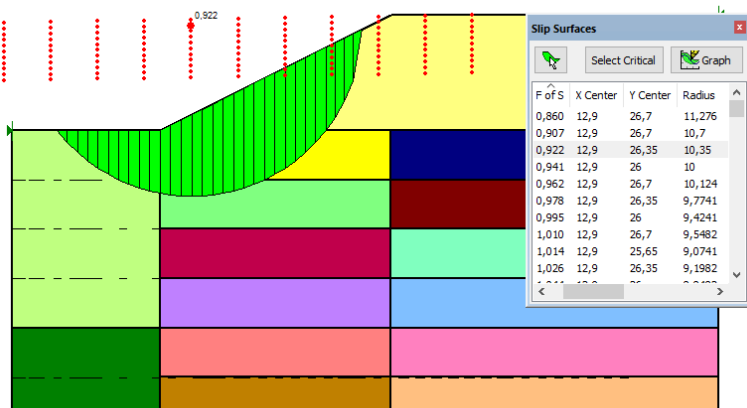
Percobaan	SF	Circle center		R	M res (KN.m)	M dorong	M res perlu	delta M	Jumlah Geotekstile	M res kumulatif
		x	y							
1	0,86	12,9	26,7	11,276	4374	5086,0	6357,6	1983,6	13	2024,195
2	0,907	12,9	26,7	10,7	3686	4063,9	5079,9	1393,9	8	1395,377
3	0,922	12,9	26,35	10,35	3410	3698,5	4623,1	1213,1	8	1311,534
4	0,941	12,9	26	10	3121	3316,7	4145,9	1024,9	7	1100,431
5	0,962	12,9	26,7	10,12	3033	3152,8	3941,0	908,0	5	928,2549



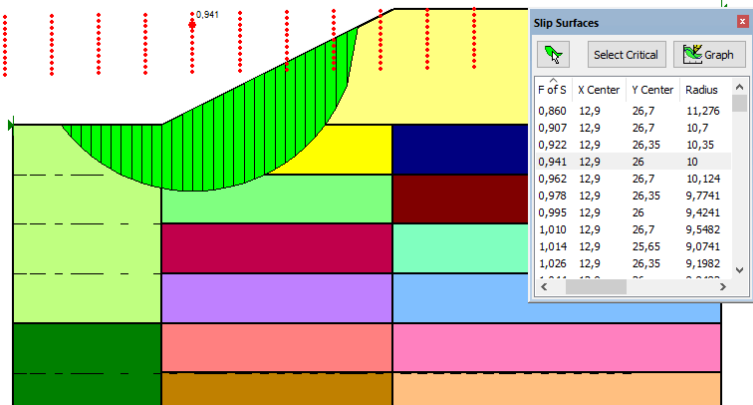
Gambar 5. 7 Percobaan Bidang Longsor 1 (urugan standard)



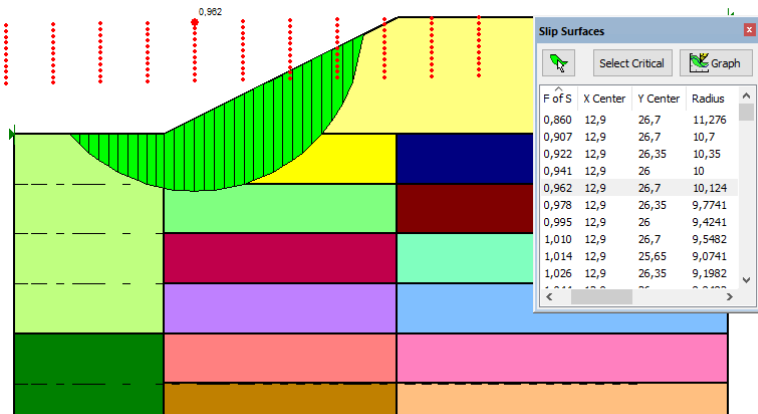
Gambar 5. 8 Percobaan Bidang Longsor 2 (urugan standard)



Gambar 5. 9 Percobaan Bidang Longsor 3 (urugan standard)



Gambar 5. 10 Percobaan Bidang Longsor 4 (urugan standard)



Gambar 5. 11 Percobaan Bidang Longsor 5 (urugan standard)

Dari hasil tersebut, di ambil kondisi longsor paling kritis yaitu sebagai berikut :

$$SF = 0,86 \text{ (minggu ke 24)}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,739 \text{ (minggu ke 12)} \\
 \text{X center} &= 12,9 \\
 \text{Y center} &= 26,7 \\
 \text{Radius} &= 11,276 \\
 \bullet \text{ Jumlah Geotekstile dengan peningkatan cu pada minggu ke-24} \\
 &\text{dengan Tallow } 29,94 \text{ kN/m}^2 \\
 \text{Moment Resisting} &= 4374 \text{ kN.m} \\
 \text{Moment Driving} &= 5086 \text{ kN.m} \\
 \text{SF rencana} &= 1,25 \\
 \text{Mres Rencana} &= M \text{ driving} \times \text{SF} \\
 &= 5086 \times 1,25 \\
 &= 6357,6 \text{ kN.m} \\
 \Delta \text{ Momen} &= M_{\text{res}} - M_{\text{res}} \\
 &= 6357,6 - 4374 \\
 &= 1983,6 \text{ kN.m} \\
 M1 &= Tallow \times R1 \\
 &= 29,94 \times (26,7-20) \\
 &= 200,62 \text{ kN.m} \\
 \sum_{i=1}^n M_i \text{ geotextile} &> \Delta \text{ Momen}
 \end{aligned}$$

Perhitungan dilakukan dengan excel dan mendapatkan nilai $n = 13$ lapis. Perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 5.12**.

Tabel 5. 12 Perhitungan Momen Geotekstil (urugan standard)

Trial 1			
Lapis	Lengan (m)	Mres (kN.m)	Mres kumulatif (kN.m)
1	6,7	200,623	200,623
2	6,45	193,137	393,760
3	6,2	185,651	579,411
4	5,95	178,165	757,576
5	5,7	170,679	928,255
6	5,45	163,193	1091,448
7	5,2	155,707	1247,155
8	4,95	148,221	1395,377
9	4,7	140,735	1536,112
10	4,45	133,249	1669,362
11	4,2	125,764	1795,125
12	3,95	118,278	1913,403
13	3,7	110,792	2024,195

- Mencari T allow saat peningkatan cu minggu ke-12
 Jumlah geotekstile = 13 lapis
 Faktor keamanan sementara = 2
 Moment Resisting = 3394 kN.m
 Moment Activating = 4592,7 kN.m
 SF rencana = 1,25
 Mres Rencana = M activating x SF
 = 4592,7 x 1,25
 = 5740,9 kN.m
 Δ Momen = Mres ren – M res
 = 5740,9 – 3394
 = 2346,9 kN.m

$$\sum_{i=1}^{13} Lengan \times Tallow = \Delta \text{Momen} \leq \frac{T \text{ ultimate}}{SF \text{ sementara}}$$

$$65 \times Tallow = 2346,9 \leq \frac{100}{2}$$

$$36,1 \text{ kN} \leq 50 \text{ kN}$$

Memenuhi Persyaratan

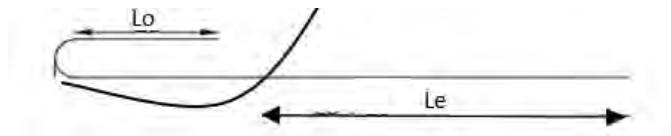
Setelah melakukan pengecekan menggunakan Geoslope untuk variasi ketinggian yang berbeda dan bidang longsor yang berbeda, maka didapatkan jumlah geotekstile pada bidang longsor paling kritis seperti yang dapat dilihat pada **Tabel 5.13**

Tabel 5. 13 Rekap Kebutuhan Geotekstil untuk Variasi Ketinggian (urugan standard)

Tinggi Timbunan Akhir (m)	SF	Circle center		R (m)	M res (kN.m)	M dorong (kN.m)	M res perlu (kN.m)	delta M (kN.m)	Jumlah Geotekstile	M res kumulatif (kN.m)
		x (m)	y (m)							
2,5	1,148	21,6	23,3	7,048	1077	938,1533	1172,69164	95,6916	1	98,81423
3	1,077	20,5	23,5	7,5	1329	1233,983	1542,47911	213,479	3	291,9511
4	0,941	20,2	24	7,33	1418	1506,908	1883,63443	465,634	5	524,0149
5	0,894	19,6	25	8,77	2376	2657,718	3322,14765	946,148	8	988,1423
6	0,823	16,25	26	9,66	2709	3291,616	4114,52005	1405,52	10	1459,756
7	0,86	12,9	26,7	11,276	4374	5086,047	6357,55814	1983,56	13	2024,195

5.1.7 Perencanaan Panjang Geotekstile

Kebutuhan geotextile untuk tinggi timbunan 7 meter adalah 13 lapis. Perhitungan geotextile dapat dilihat pada **Tabel 5.13**. Setelah itu dihitung panjang geotextile per lapisan. Kebutuhan panjang geotekstil pada timbunan dengan H final 7 m dapat dilihat pada **Tabel 5.14**. Rekap panjang geotextile untuk urugan standard dengan variasi ketinggian, dapat dilihat pada **Tabel 5.15**.



Gambar 5. 12 Sketsa Kebutuhan Panjang Geotekstil

Tabel 5. 14 Kebutuhan Panjang Geotekstil H final 7 m (urugan standard)

Lapis	h	τ_1	τ_2	Le (m)	Lo (m)	Lr (m)	L (m)	L pakai (m)	Panjang geotextile kumulatif (m)
1	7,00	72,78154	5,00	0,589	1	11,25	11,58878	74	74
2	6,75	70,1822	70,18	0,326	1	11,19	12,516	13	100
3	6,50	67,58286	67,58	0,339	1	11,14	12,479	12,5	125
4	6,25	64,98352	64,98	0,352	1	11,07	12,422	12,5	150
5	6,00	62,38418	62,38	0,367	1	10,99	12,357	12,5	175
6	5,75	59,78484	59,78	0,383	1	10,93	12,313	12,5	200
7	5,50	57,1855	57,19	0,400	1	10,84	12,240	12,5	225
8	5,25	54,58616	54,59	0,419	1	10,77	12,189	12,5	250
9	5,00	51,98682	51,99	0,440	1	10,68	12,120	12,5	275
10	4,75	49,38748	49,39	0,464	1	10,64	12,104	12,5	300
11	4,50	46,78814	46,79	0,489	1	10,58	12,069	12,5	325
12	4,25	44,18879	44,19	0,518	1	10,49	12,008	12,5	350
13	4,00	41,58945	41,59	0,551	1	10,42	11,971	12	374

Tabel 5. 15 Rekap panjang geotextile dengan variasi ketinggian (urugan standard)

Tinggi Timbunan Akhir (m)	Jumlah Geotekstile	Panjang Geotekstil (m)
2,5	1	65
3	3	108
4	5	160
5	8	259
6	10	297
7	13	374

5.2 Perencanaan Penampang Jalan Kenjeran 2 dengan urugan non-standard

Pada tugas akhir ini direncanakan volume total timbunan apabila menggunakan urugan non-standard. Merencanakan stabilitas timbunan dan menghitung kebutuhan perkuatannya. Menghitung waktu konsolidasi yang terjadi agar tidak melebihi waktu umur proyek.

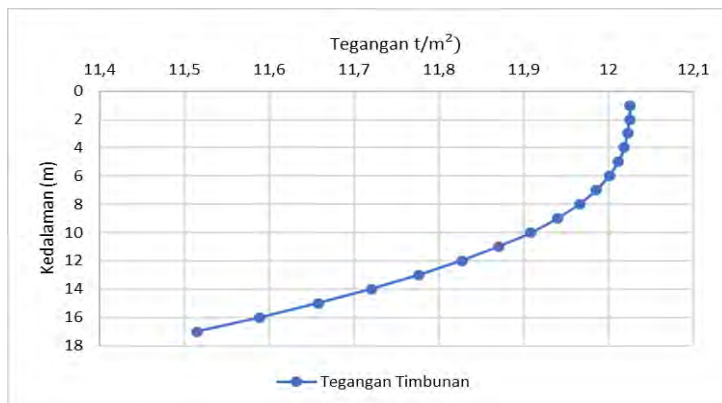
5.2.1 Perhitungan H initial dan H final

Perhitungan tinggi timbunan awal didasarkan pada beban-beban yang berlaku pada timbunan. Beban yang terjadi pada timbunan menimbulkan penurunan terhadap tanah dasar. Penurunan yang terjadi sangat mempengaruhi tinggi timbunan awal sehingga diharapkan dapat mencapai ketinggian timbunan akhir yang direncanakan.

1. Perhitungan Settlement

Perhitungan *settlement* terjadi akibat adanya beban timbunan dan beban perkerasan. q_0 adalah tegangan yang direncanakan untuk mencari tinggi timbunan awal dengan target timbunan akhir yang direncanakan. Apabila diberikan beban q_0 , distribusi tegangan yang terjadi dapat dilihat pada **Gambar 5.13** dan perhitungan *settlement* akibat beban timbunan dapat dilihat pada **Tabel 5.16**.

$$\begin{aligned} q_0 &= 12,03 \text{ t/m}^2 \text{ (dimisalkan)} \\ \gamma_{\text{timbunan}} &= 1,64 \text{ t/m}^3 \end{aligned}$$



Gambar 5. 13 Diagram tegangan akibat $q = 12,03 \text{ t/m}^2$

Tabel 5. 16 Settlement Akibat beban timbunan (urugan non-standard)

Elevasi Z (m)	γ' (t/m ³)	Titik Tinjau (m)	$\sigma'o$ (t/m ²)	$\sigma'o + \Delta\sigma$ (t/m ²)	$\sigma'c$ (t/m ²)	Sc ($\sigma'o + \Delta\sigma \leq \sigma'c$) (m)	Sc ($\sigma'o + \Delta\sigma > \sigma'c$) (m)	Sc pakai (m)
1	0,646	0,5	0,323	12,348	2,323	0,040	0,223	0,223
2	0,646	1,5	0,969	12,994	2,969	0,035	0,183	0,183
3	0,646	2,5	1,615	13,638	3,615	0,032	0,159	0,159
4	0,646	3,5	2,261	14,28	4,261	0,029	0,143	0,143
5	0,646	4,5	2,907	14,919	4,907	0,027	0,130	0,13
6	0,646	5,5	3,553	15,554	5,553	0,025	0,119	0,119
7	0,646	6,5	4,199	16,185	6,199	0,023	0,111	0,111
8	0,646	7,5	4,845	16,811	6,845	0,021	0,103	0,103
9	0,646	8,5	5,491	17,431	7,491	0,020	0,097	0,097
10	0,646	9,5	6,137	18,045	8,137	0,019	0,091	0,091
11	0,646	10,5	6,783	18,654	8,783	0,018	0,086	0,086
12	0,646	11,5	7,429	19,256	9,429	0,017	0,081	0,081
13	0,634	12,5	8,069	19,846	10,07	0,015	0,073	0,073
14	0,634	13,5	8,703	20,424	10,7	0,014	0,069	0,069
15	0,634	14,5	9,337	20,995	11,34	0,014	0,066	0,066
16	0,634	15,5	9,971	21,56	11,97	0,013	0,063	0,063
17	0,634	16,5	10,605	22,12	12,61	0,012	0,060	0,06
					Sc Total Timbunan			1,855

Untuk perhitungan *settlement* akibat *pavement*, digunakan asumsi q sebesar 1,573 t/m², q yang diasumsikan adalah berdasarkan besarnya q aspal sehingga didapatkan total *settlement* akibat beban *pavement* seperti yang dapat dilihat pada **Tabel 5.17**.

Tabel 5. 17 Settlement akibat beban pavement (urugan non-standard)

Elevasi Z (m)	Q asumsi (t/m ²)	Titik Tinjau (m)	$\Delta\sigma$ (t/m ²)	$\sigma'_o + \Delta\sigma$ (t/m ²)	Sc (m)
1	1,573	8,966	1,5554	1,8784	0,042
2	1,573	9,966	1,5497	2,5187	0,023
3	1,573	10,97	1,5429	3,1579	0,016
4	1,573	11,97	1,5351	3,7961	0,012
5	1,573	12,97	1,5263	4,4333	0,01
6	1,573	13,97	1,5166	5,0696	0,009
7	1,573	14,97	1,506	5,705	0,007
8	1,573	15,97	1,4945	6,3395	0,006
9	1,573	16,97	1,4821	6,9731	0,006
10	1,573	17,97	1,469	7,606	0,005
11	1,573	18,97	1,4553	8,2383	0,005
12	1,573	19,97	1,4409	8,8699	0,004
13	1,573	20,97	1,4259	9,4949	0,004
14	1,573	21,97	1,4105	10,114	0,003
15	1,573	22,97	1,3947	10,732	0,003
16	1,573	23,97	1,3786	11,35	0,003
17	1,573	24,97	1,3622	11,967	0,003
			SC perkerasan		0,161

2. Tinggi Final Timbunan

Tinggi final digunakan untuk mengetahui hasil akhir dari tinggi timbunan setelah terjadi pemampatan. Untuk mencari tinggi final timbunan dapat dilakukan dengan cara berikut :

1. Mencari H_{initial}

$$H_{\text{initial}} = q + (Sc \times \gamma_{\text{water}}) / \gamma_{\text{timbunan}}$$

$$= 12,03 + (2,02 \times 1) / 1,64$$

$$= 8,47 \text{ m}$$
2. Mencari $H_{\text{final sementara}}$

$$H_{\text{final}} = H_{\text{initial}} - \text{Total Sc}$$

$$= 8,47 - 2,02$$

$$= 6,45 \text{ m}$$
3. Mencari $H_{\text{final pelaksanaan}}$

$$H_{\text{final}} = H_{\text{final sementara}} + H_{\text{pavement}}$$

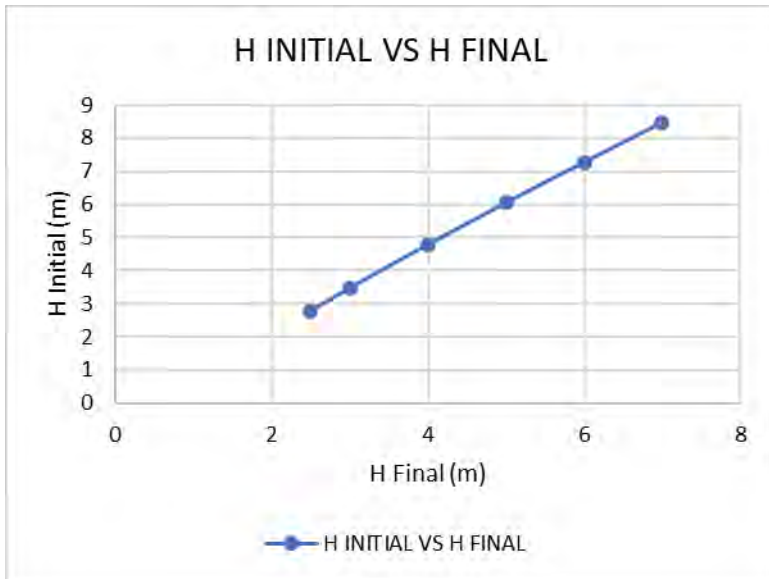
$$= 6,45 + 0,55$$

$$= 7 \text{ m}$$

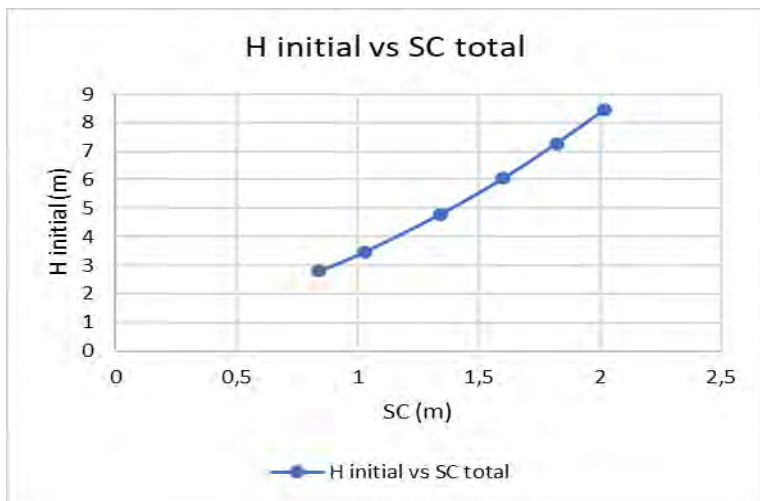
Tinggi final didapatkan dengan membuat variasi percobaan tinggi timbunan sehingga didapatkan *settlement* seperti yang dapat dilihat pada **Tabel 5.18**. Dari hasil tersebut kemudian didapatkan grafik hubungan tinggi timbunan awal dengan timbunan akhir pada **Gambar 5.14** dan grafik hubungan tinggi timbunan awal dengan *settlement* pada **Gambar 5.15** serta grafik hubungan tinggi timbunan akhir dengan *settlement* pada **Gambar 5.16**.

Tabel 5. 18 H_{initial} , H_{final} , Settlement (urugan non-standard)

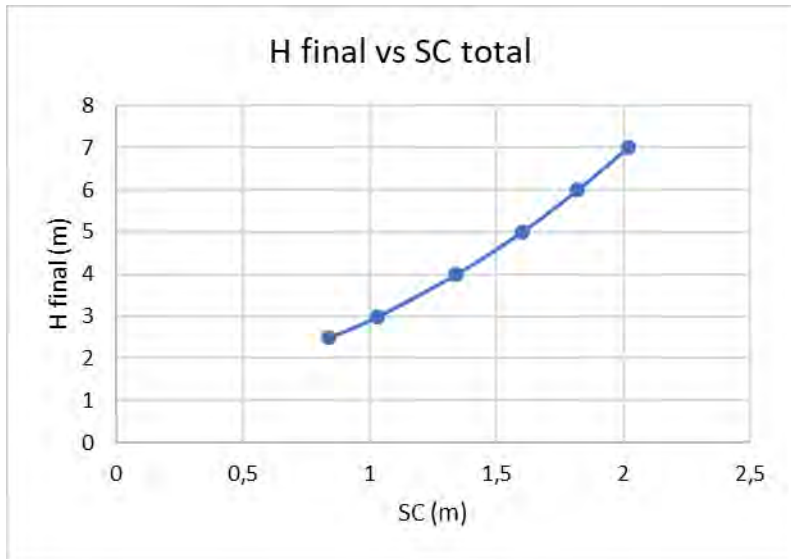
$q \text{ (t/m}^2\text{)}$	$H_{\text{initial}} \text{ (m)}$	$H_{\text{final sementara}} \text{ (m)}$	$H_{\text{final pelaksanaan}} \text{ (m)}$	Sc Total (m)
3,9	2,79	1,95	2,5	0,84
4,84	3,48	2,45	3	1,03
6,68	4,79	3,45	4	1,34
8,49	6,05	4,45	5	1,6
10,26	7,27	5,45	6	1,82
12,03	8,47	6,45	7	2,02



Gambar 5. 14 H_{initial} vs H_{final} (urugan non-standard)



Gambar 5. 15 H_{initial} vs SC (urugan non-standard)



Gambar 5. 16 H_{final} vs SC (urugan non-standard)

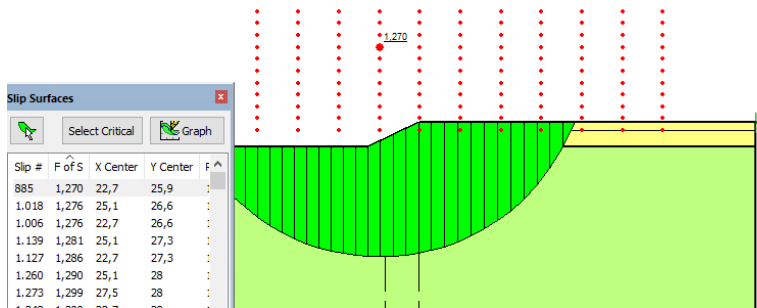
5.2.2 Waktu Pemampatan dan Perencanaan PVD

Dikarenakan jenis tanah dibawah timbunan sama, maka waktu pemampatan dan perencanaan PVD sama dengan yang ada pada sub bab **5.1.2** dan **5.1.3**

5.2.3 Perhitungan Stabilitas dari Timbunan Pelaksanaan

Dalam penggunaan metode Pre-Loading sebagai metode perbaikan dari tanah dasar maka timbunan yang direncanakan dipasang di lapangan tidak hanya berupa timbunan rencana namun juga terdapat beban timbunan Pre-Loading sebagai pengganti dari beban-beban yang akan bekerja di atas timbunan. Dengan adanya beban tambahan Pre-Loading tersebut maka stabilitas dari timbunan harus dikontrol. Perhitungan stabilitas dari timbunan pelaksanaan dilakukan dengan menggunakan bantuan software Geoslope.

Dari hasil Geoslope, didapatkan tinggi timbunan kritis untuk $SF > 1,2$ adalah setinggi 1,5 m dengan SF 1,27 seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 5.17**, sehingga untuk tanah timbunan dengan tinggi di atas 1,5 m perlu dipasang perkuatan. Perkuatan yang direncanakan untuk digunakan adalah perkuatan tanah timbunan dengan menggunakan geotekstil.



Gambar 5. 17 Tinggi Kritis (urugan non-standard)

5.2.4 Peningkatan Daya Dukung

Suatu timbunan akan mengalami peningkatan daya dukung diakhir masa penimbunan. Kenaikan daya dukung dapat membuat suatu tanah memiliki kestabilan yang lebih aman. Contoh perhitungan peningkatan daya dukung memberikan contoh tinggi timbunan final 7m dengan tinggi initial 8,47 m yang akan dipercepat pemampatannya dengan PVD dengan pola pemasangan persegi dengan jarak 1,75 meter dan mencapai derajat konsolidasi pada minggu ke-12. Hasil perhitungan peningkatan daya dukung dapat dilihat pada **Tabel 5.19 - Tabel 5.22**.

- Pada Akhir Masa Penimbunan (minggu ke 12)

$$\sum \sigma' H - 1 \text{ meter} = \sigma' o + \sum_{i=1}^{12} \Delta p_i$$

$$= 10,59 \text{ t/m}^2$$

$$P_i = 36,52\%$$

$$\begin{aligned} Cu_{\text{baru}} &= 0,0737 + (0,1899 - 0,0016 \times P_i) \times \sum \sigma' \\ &= 0,0737 + (0,1899 - 0,0016 \times 36,52) \times 1,059 \\ &= 0,213 \text{ kg/cm}^2 = 21,3 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$Cu_{\text{transisi}} = (5 + 21,3) : 2 = 13,15 \text{ kPa}$$

- Pada Akhir Masa Pemampatan (minggu ke 24)

$$\begin{aligned} \sum \sigma' H - 1 \text{ meter} &= \sigma'_o + \sum_{i=1}^{24} \Delta p_i \\ &= 13,99 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$P_i = 36,52\%$$

$$\begin{aligned} Cu_{\text{baru}} &= 0,0737 + (0,1899 - 0,0016 \times P_i) \times \sum \sigma' \\ &= 0,0737 + (0,1899 - 0,0016 \times 36,52) \times 1,399 \\ &= 0,258 \text{ kg/cm}^2 = 25,8 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$Cu_{\text{transisi}} = (5 + 25,8) : 2 = 15,4 \text{ kPa}$$

Tabel 5. 19 Rekap pembebanan pada akhir penimbunan (minggu ke-12) (urugan non-standard)

Tahap ke -	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total Tegangan (t/m ²)	
Umur (minggu)	0	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1		
U total	0	0,947640993	0,933526258	0,915578127	0,8927421	0,8636663	0,826613016	0,779339829	0,718936467	0,641590628	0,542224309	0,413831	0,245741		
Kedalaman	Tegangan (t/m ²)														
0	1	0,3115	1,11	1,12	1,11	1,08	1,05	1,00	0,94	0,87	0,77	0,65	0,49	0,09	10,59436
1	2	0,9345	1,14	1,13	1,11	1,08	1,05	1,00	0,94	0,87	0,77	0,65	0,50	0,09	11,26503
2	3	1,5575	1,15	1,13	1,11	1,08	1,05	1,00	0,94	0,87	0,77	0,65	0,50	0,09	11,90639
3	4	2,198	1,15	1,13	1,11	1,09	1,05	1,00	0,94	0,87	0,77	0,65	0,49	0,09	12,55208
4	5	2,856	1,15	1,14	1,11	1,09	1,05	1,00	0,94	0,87	0,77	0,65	0,49	0,09	13,20405
5	6	3,514	1,15	1,14	1,11	1,08	1,05	1,00	0,94	0,87	0,77	0,65	0,49	0,09	13,84483
6	7	4,1785	1,15	1,13	1,11	1,08	1,05	1,00	0,94	0,86	0,77	0,64	0,49	0,08	14,48064
7	8	4,8495	1,15	1,13	1,11	1,08	1,04	0,99	0,93	0,86	0,76	0,64	0,48	0,08	15,11131
8	9	5,5205	1,15	1,13	1,11	1,08	1,04	0,99	0,93	0,85	0,75	0,63	0,47	0,08	15,7304
9	10	6,1915	1,15	1,13	1,10	1,07	1,03	0,98	0,92	0,84	0,75	0,62	0,47	0,08	16,33822
10	11	6,856	1,14	1,12	1,10	1,07	1,03	0,98	0,91	0,84	0,74	0,61	0,46	0,08	16,9288
11	12	7,514	1,14	1,12	1,09	1,06	1,02	0,97	0,91	0,83	0,73	0,60	0,45	0,08	17,50286
12	13	8,172	1,13	1,11	1,09	1,05	1,01	0,96	0,90	0,82	0,72	0,59	0,44	0,07	18,0677
13	14	8,8365	1,13	1,11	1,08	1,04	1,00	0,95	0,89	0,81	0,71	0,58	0,43	0,07	18,63075
14	15	9,5075	1,12	1,10	1,07	1,04	0,99	0,94	0,87	0,79	0,69	0,57	0,42	0,07	19,193
15	16	10,1785	1,11	1,09	1,06	1,03	0,98	0,93	0,86	0,78	0,68	0,56	0,41	0,07	19,74892
16	17	10,8495	1,11	1,08	1,05	1,02	0,97	0,92	0,85	0,77	0,67	0,55	0,40	0,07	20,29946

Tabel 5. 20 Rekap pembebanan pada akhir pemampatan (minggu ke-24) (urugan non-standard)

Tahap ke -	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total Tegangan (t/m ²)	
Umur (minggu)	0	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13		
U total	0	0,996965651	0,996155779	0,995129246	0,9938279	0,99217794	0,990085602	0,987431798	0,984065183	0,979793336	0,974371497	0,967488	0,958747		
Kedalaman	Tegangan (t/m ²)														
0	1	0,3115	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,21	1,21	1,20	1,20	1,19	0,35	13,98961	
1	2	0,9345	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,21	1,21	1,20	1,20	1,19	0,35	14,6138	
2	3	1,5575	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,21	1,21	1,20	1,20	1,19	0,34	15,23072	
3	4	2,198	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,21	1,21	1,20	1,19	1,18	0,34	15,85574	
4	5	2,856	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,21	1,21	1,20	1,20	1,19	1,18	0,34	16,48636
5	6	3,514	1,22	1,22	1,22	1,22	1,21	1,21	1,21	1,20	1,19	1,18	1,17	0,34	17,1031
6	7	4,1785	1,22	1,22	1,22	1,21	1,21	1,21	1,20	1,19	1,19	1,17	1,16	0,33	17,71118
7	8	4,8495	1,22	1,22	1,21	1,21	1,21	1,20	1,19	1,19	1,18	1,16	1,15	0,33	18,30999
8	9	5,5205	1,22	1,21	1,21	1,21	1,20	1,19	1,19	1,18	1,17	1,15	1,13	0,32	18,89303
9	10	6,1915	1,21	1,21	1,20	1,20	1,19	1,19	1,18	1,17	1,15	1,14	1,11	0,32	19,4608
10	11	6,856	1,21	1,20	1,20	1,19	1,19	1,18	1,17	1,16	1,14	1,12	1,09	0,31	20,00772
11	12	7,514	1,20	1,20	1,19	1,19	1,18	1,17	1,16	1,14	1,12	1,10	1,07	0,30	20,53495
12	13	8,172	1,20	1,19	1,19	1,18	1,17	1,16	1,14	1,13	1,11	1,08	1,05	0,29	21,05035
13	14	8,8365	1,19	1,18	1,18	1,17	1,16	1,15	1,13	1,11	1,09	1,06	1,03	0,28	21,56187
14	15	9,5075	1,18	1,18	1,17	1,16	1,15	1,13	1,12	1,10	1,07	1,04	1,00	0,28	22,07097
15	16	10,1785	1,17	1,17	1,16	1,15	1,13	1,12	1,10	1,08	1,05	1,02	0,98	0,27	22,57261
16	17	10,8495	1,17	1,16	1,15	1,14	1,12	1,10	1,08	1,06	1,03	1,00	0,95	0,26	23,06815

Tabel 5. 21 Daya Dukung Tanah pada Timbunan 7 m di akhir masa Penimbunan (urugan non-standard)

Kedalaman (m)	Pi (%)	Tegangan (kg/cm ²)	C _u baru (kg/cm ²)	C _u baru (kPa)	C _u lama (Kpa)	C _u transisi (kPa)
1	36,52	1,059	0,213	21,298	5	13,15
2	36,52	1,127	0,222	22,180	5	13,59
3	36,52	1,191	0,230	23,023	5	14,01
4	36,52	1,255	0,239	23,872	5	14,44
5	36,52	1,320	0,247	24,729	5	14,86
6	36,52	1,384	0,256	25,572	5	15,29
7	36,52	1,448	0,264	26,407	5	15,70
8	36,52	1,511	0,272	27,237	5	16,12
9	36,52	1,573	0,281	28,050	5	16,53
10	36,52	1,634	0,288	28,850	5	16,92
11	36,52	1,693	0,296	29,626	5	17,31
12	36,52	1,750	0,304	30,381	5	17,69
13	29,83	1,807	0,331	33,057	6	19,53
14	29,83	1,863	0,339	33,858	6	19,93
15	29,83	1,919	0,347	34,657	6	20,33
16	29,83	1,975	0,354	35,447	6	20,72
17	29,83	2,030	0,362	36,230	6	21,12

Tabel 5. 22 Daya Dukung Tanah pada Timbunan 7 m di akhir masa Pemampatan (urugan non-standard)

Kedalaman (m)	Pi (%)	Tegangan (kg/cm ²)	C _u baru (kg/cm ²)	C _u baru (kPa)	C _u lama (Kpa)	C _u transisi (kPa)
1	36,52	1,399	0,258	25,762	5	15,38
2	36,52	1,461	0,266	26,582	5	15,79
3	36,52	1,523	0,274	27,394	5	16,20
4	36,52	1,586	0,282	28,215	5	16,61
5	36,52	1,649	0,290	29,044	5	17,02
6	36,52	1,710	0,299	29,855	5	17,43
7	36,52	1,771	0,307	30,655	5	17,83
8	36,52	1,831	0,314	31,442	5	18,22
9	36,52	1,889	0,322	32,208	5	18,60
10	36,52	1,946	0,330	32,955	5	18,98
11	36,52	2,001	0,337	33,674	5	19,34
12	36,52	2,053	0,344	34,367	5	19,68
13	29,83	2,105	0,373	37,298	6	21,65
14	29,83	2,156	0,380	38,025	6	22,01
15	29,83	2,207	0,387	38,749	6	22,37
16	29,83	2,257	0,395	39,462	6	22,73
17	29,83	2,307	0,402	40,166	6	23,08

Dari hasil perhitungan untuk timbunan ketinggian 2,5 m, 3 m, 4 m, 5 m, 6 m, 7 m, didapatkan rekap c_u untuk beberapa contoh kedalaman seperti yang dapat dilihat pada **Tabel 5.23** yang akan digunakan untuk analisa stabilitas pada geoslope.

Tabel 5. 23 Rekap C_u (urugan non-standard)

timbunan (m)	kedalaman (m)	C_u lama (kPa)	Akhir minggu ke	C_u baru (kPa)	C_u transisi (kPa)	Akhir minggu ke	C_u baru (kPa)	C_u transisi (kPa)
2,5	1 m	5	4	10,1	7,55	16	13,5	9,25
	12 m	6		22	14		25,1	15,55
3	1 m	5	5	11,2	8,1	17	15	10
	12 m	6		23	14,5		26,6	16,3
4	1 m	5	7	13,8	9,4	19	17,8	11,4
	12 m	6		25,7	15,85		29,5	17,75
5	1 m	5	9	16,6	10,8	21	20,6	12,8
	12 m	6		28,4	17,2		32,3	19,15
6	1 m	5	10	18,3	11,65	22	23,1	14,05
	12 m	6		30,2	18,1		34,8	20,4
7	1 m	5	12	21,3	13,15	24	25,8	15,4
	12 m	6		33	19,5		37,3	21,65

5.2.5 Perencanaan Jumlah Geotektile

Geotekstil direncanakan menggunakan geotekstil dengan besar kekuatan tarik ultimate (T-Ultimate) 100 kN/m', dan difungsikan sebagai perkuatan timbunan, sehingga didapatkan besarnya kuat tarik ijin dari geotekstil sebagai perkuatan timbunan adalah sebesar 29,94 kN/m'. Selanjutnya perhitungan geotekstil sebagai timbunan didasarkan pada kuat tarik ijin tersebut.

1. Internal Stability

$$\gamma_{sat} = 1,71 \text{ t/m}^2$$

$$\phi = 0^\circ \text{ sehingga } ka=1$$

$$h = 7 \text{ m (hfinal)}$$

$$c_u = 12,5 \text{ Kpa}$$

$$q = 1 \text{ kN}$$

$$SF = 2$$

$$Pa \leq \frac{S1 \times n}{SF}$$

$$[0,5 h ((q + \gamma' h) ka - 2C\sqrt{ka})] \leq \frac{S1 \times n}{SF}$$

$$\left[0,5 \times 7 \left((1 + 0,71 \times 7) \times 1 - 2 \times 1,25 \sqrt{1} \right) \right] \leq \frac{29,94 \times n}{2}$$

$$n = 9 \text{ buah}$$

2. Foundation Stability

$$Cu \text{ transisi} = 15,4 \text{ Kpa}$$

$$Cu \text{ lama} = 5 \text{ Kpa}$$

$$Cu \text{ baru} = 25,8 \text{ Kpa}$$

$$Q \text{ akibat timbunan} = 12,03 \text{ t/m}^2$$

$$L = 2 \times h = 14 \text{ m}$$

$$SF = 2$$

Ditinjau hingga kedalaman 12 meter

$$Pa = 0,5 h \left((\gamma' h) ka - 2 Cu_{baru} \sqrt{ka} \right) + (\gamma_{timb} h_{timb} + q) ka$$

$$= 0,5 \times 12 \left((0,646 \times 12) 1 - 2 \times 2,58 \sqrt{1} \right) + (0,72 \times 7 + 1) 1$$

$$= 43,045 \text{ ton}$$

$$Pp = (0,5 h (\gamma' h kp)) + (2 Cu_{lama} \sqrt{kp} h)$$

$$= (0,5 \times 12 (0,646 \times 12 \times 1)) + (2 \times 0,5 \sqrt{1} \times 12)$$

$$= 58,512 \text{ ton}$$

$$2 \times Cu \text{ transisi} \times L = 2 \times 1,54 \times (2 \times 7) = 43,12 \text{ ton}$$

$$Pa \leq \frac{Pp + 2 Cu L + S1}{SF}$$

$$43,045 \leq \frac{58,512 + 43,12 + 2,99}{2}$$

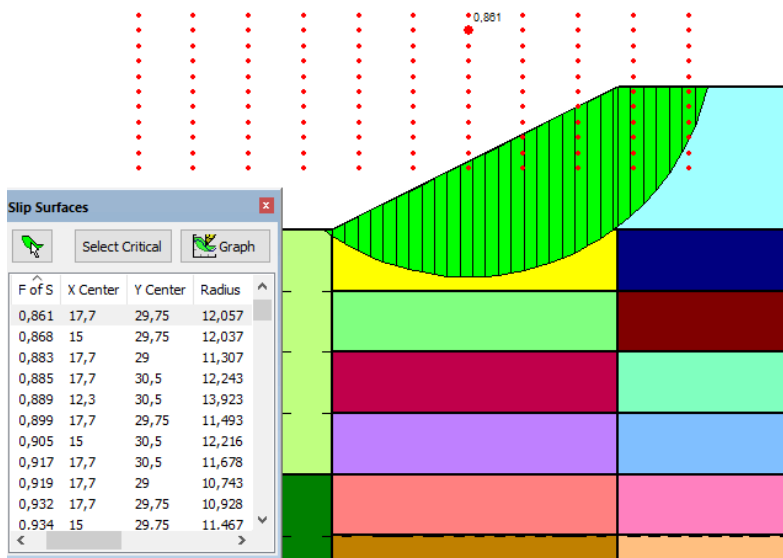
$$43,405 \leq 52,311 (\text{memenuhi persyaratan})$$

geotekstil dengan Tultimate $100 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ dapat digunakan

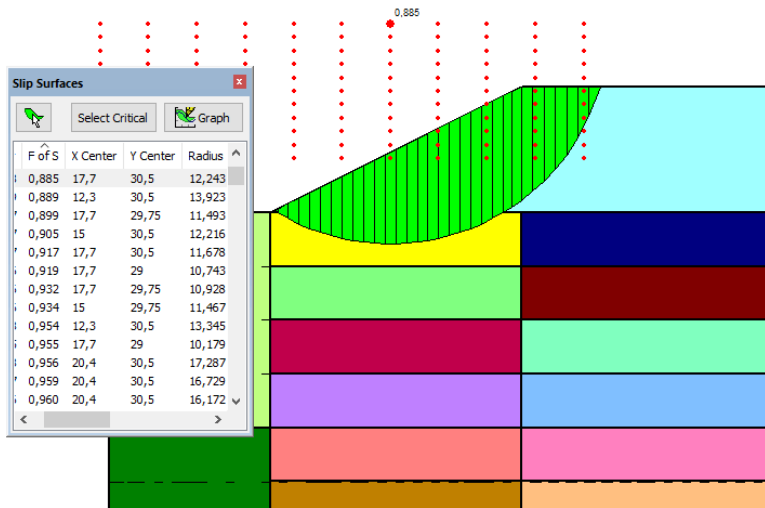
3. Overall Stability

Dari geoslope dilakukan percobaan 3x dan didapatkan nilai-nilai terkritik sebagai berikut :

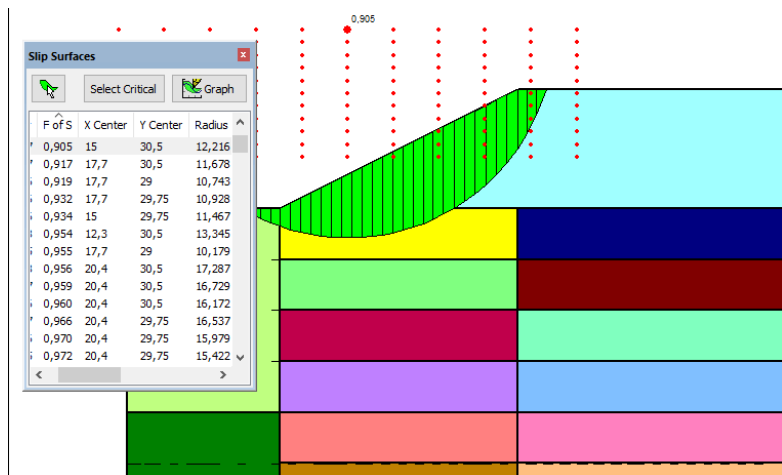
SF = 0,861
 X center = 17,7
 Y center = 29,75
 Radius = 12,057



Gambar 5. 18 Percobaan Bidang Longsor 1 (urugan non-standard)



Gambar 5. 19 Percobaan Bidang Longsor 2 (urugan non-standard)



Gambar 5. 20 Percobaan Bidang Longsor 3 (urugan non-standard)

- Jumlah Geotekstile saat Cu meningkat dengan Tallow 29,94 kN/m'

$$\text{Moment Resisting} = 4222 \text{ kN.m}$$

$$\text{Moment Driving} = 4903,6 \text{ kN.m}$$

$$\text{SF rencana} = 1,25$$

$$\text{Mres Rencana} = \text{M driving} \times \text{SF}$$

$$= 4903,6 \times 1,25$$

$$= 6129,5 \text{ kN.m}$$

$$\Delta \text{ Momen} = \text{Mres ren} - \text{M res}$$

$$= 6129,5 - 4222$$

$$= 1907,5 \text{ kN.m}$$

$$M_1 = \text{Tallow} \times R_1$$

$$= 17,05 \times (29,75-20)$$

$$= 166,238 \text{ kN.m}$$

$$\sum_{i=1}^n M_i \text{ geotextile} > \Delta \text{ Momen}$$

Perhitungan dilakukan dengan excel dan mendapatkan nilai $n = 8$ lapis.

Dibandingkan jumlah geotekstil untuk internal, overall dan foundation stability dan didapatkan jumlah geotekstile terbanyak adalah 9 buah.

Rekap jumlah geotekstile beserta panjangnya untuk urugan Non-standard dapat dilihat pada **Tabel 5.24**

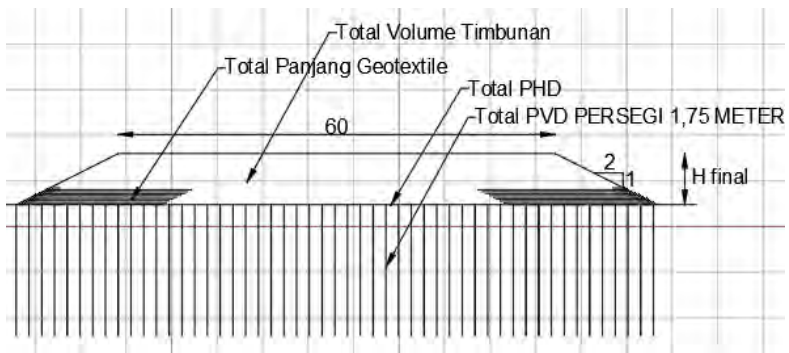
Tabel 5. 24 Rekap Jumlah Geotekstile untuk Variasi Tinggi Timbunan (urugan non-standard)

tinggi timbunan	Jumlah Geotekstile	Panjang Geotekstil (m)
2,5	1	70
3	1	72
4	2	88,5
5	4	116,5
6	6	151,5
7	9	204,5

BAB VI

PERHITUNGAN BIAYA

Perhitungan biaya pada Tugas Akhir ini hanya merencanakan biaya material saja seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 6.1**. Harga-harga yang digunakan adalah harga terbaru pada tanggal 29 Desember 2017. Harga yang akan digunakan dapat dilihat pada **Tabel 6.1**.



Gambar 6. 1 Material yang diperhitungkan

Tabel 6. 1 Tabel harga satuan material

No	Material	Satuan	Harga Satuan
1	Urugan Standard	m ³	Rp 158.400,00
2	Urugan Non-standard (harga 50% standard)	m ³	Rp 79.200,00
3	Urugan Non-standard (harga 25% standard)	m ³	Rp 39.600,00
4	Pengadaan Material Urugan	m ³	Rp 61.600,00
5	PVD	m	Rp 3.300,00
6	PHD	m	Rp 27.000,00
7	Geotekstil	m ²	Rp 10.810,40

Untuk pengadaan material geotekstil, dilakukan import dari beberapa perusahaan di China dengan media situs jual-beli online yaitu alibaba.com. Harga geotekstil dikonversikan ke rupiah dengan nilai tukar 1 USD = 13.513 rupiah. Harga pengadaan material import yang dicantumkan pada **Tabel 6.1** adalah harga material saja tanpa adanya biaya pengiriman dan bea cukai.

6.1 Perhitungan Biaya Timbunan

Perhitungan biaya timbunan dihitung sesuai dengan H_{initial} yang dibutuhkan agar mencapai tinggi H_{final} yang dibutuhkan. Perhitungan biaya timbunan dilakukan per 1 meter panjang jalan. Hasil perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 6.2** untuk urugan standard dan **Tabel 6.3. Tabel 6.4.** untuk urugan non-standard.

Tabel 6. 2 Rekap perhitungan biaya timbunan dengan urugan standard

TIMBUNAN (urugan standard)				
H	H perlu	Volume (m ³)	Harga satuan	Total Harga
2,5	2,9	190,8	Rp 220.000	Rp 41.980.400
3	3,6	241,9	Rp 220.000	Rp 53.222.400
4	4,92	343,6	Rp 220.000	Rp 75.594.816
5	6,19	448,0	Rp 220.000	Rp 98.567.084
6	7,42	555,3	Rp 220.000	Rp 122.168.816
7	8,61	664,9	Rp 220.000	Rp 146.270.124

Tabel 6. 3 Rekap perhitungan biaya timbunan dengan urugan non-standard (harga 50% standard)

TIMBUNAN (urugan non-standard) (harga 50%standard)				
H	H perlu	Volume (m³)	Harga satuan	Total Harga
2,5	2,79	183,0	Rp 140.800	Rp 25.761.923
3	3,48	233,0	Rp 140.800	Rp 32.809.329
4	4,79	333,3	Rp 140.800	Rp 46.926.979
5	6,05	436,2	Rp 140.800	Rp 61.417.664
6	7,27	541,9	Rp 140.800	Rp 76.300.337
7	8,47	651,7	Rp 140.800	Rp 91.756.797

Tabel 6. 4 Rekap perhitungan biaya timbunan dengan urugan non-standard (harga 25% standard)

TIMBUNAN (urugan non-standard) (harga 25%standard)				
H	H perlu	Volume (m³)	Harga satuan	Total Harga
2,5	2,79	183,0	Rp 101.200	Rp 18.516.382
3	3,48	233,0	Rp 101.200	Rp 23.581.705
4	4,79	333,3	Rp 101.200	Rp 33.728.766
5	6,05	436,2	Rp 101.200	Rp 44.143.946
6	7,27	541,9	Rp 101.200	Rp 54.840.867
7	8,47	651,7	Rp 101.200	Rp 65.950.198

6.2 Perhitungan Biaya PVD dan PHD

Untuk koefisien pada **Tabel 6.6** adalah perbandingan panjang timbunan dengan konfigurasi PVD. Jika konfigurasi PVD adalah 1,75 meter maka, panjang dikonversikan ke 1 meter karena perhitungan dihitung berdasarkan per meter lari (panjang).

Tabel 6. 5 Rekap perhitungan biaya PVD

PVD						
H	Konfigurasi	Kedalaman	Lebar timbunan	Titik	Harga satuan	Total Harga
2,5	Persegi 1,75 m	18	70	40	Rp 3.300	Rp 2.376.000
3		18	72	42	Rp 3.300	Rp 2.494.800
4		18	76	44	Rp 3.300	Rp 2.613.600
5		18	80	46	Rp 3.300	Rp 2.732.400
6		18	84	48	Rp 3.300	Rp 2.851.200
7		18	88	51	Rp 3.300	Rp 3.029.400

Tabel 6. 6 Rekap perhitungan biaya PHD

PHD				
H	Lebar timbunan	Koefisien	Harga satuan	Total Harga
2,5	70	0,57	Rp 27.000	Rp 1.080.000,00
3	72		Rp 27.000	Rp 1.110.857,14
4	76		Rp 27.000	Rp 1.172.571,43
5	80		Rp 27.000	Rp 1.234.285,71
6	84		Rp 27.000	Rp 1.296.000,00
7	88		Rp 27.000	Rp 1.357.714,29

6.3 Perhitungan Biaya Geotekstil

Perhitungan biaya geotekstil dapat dilihat pada **Tabel 6.7** untuk urugan standard dan **Tabel 6.8** untuk urugan non-standard.

Tabel 6. 7 Rekap perhitungan biaya geotextile untuk urugan standard

Geotextile untuk timbunan dengan urugan standard				
H (m)	Jumlah Lapisan	Panjang (m)	Harga satuan	Total Harga
2,5	1	65	Rp 10.810,40	Rp 702.676,00
3	3	108	Rp 10.810,40	Rp 1.167.523,20
4	5	160	Rp 10.810,40	Rp 1.729.664,00
5	8	259	Rp 10.810,40	Rp 2.799.893,60
6	10	297	Rp 10.810,40	Rp 3.210.688,80
7	13	374	Rp 10.810,40	Rp 4.043.089,60

Tabel 6. 8 Rekap perhitungan biaya geotextile untuk urugan non-standard

Geotextile untuk timbunan dengan urugan non-standard				
H (m)	Jumlah Lapisan	Panjang (m)	Harga satuan	Total Harga
2,5	1	70	Rp 10.810,40	Rp 756.728,00
3	1	72	Rp 10.810,40	Rp 778.348,80
4	2	89	Rp 10.810,40	Rp 956.720,40
5	4	117	Rp 10.810,40	Rp 1.259.411,60
6	6	152	Rp 10.810,40	Rp 1.637.775,60
7	9	205	Rp 10.810,40	Rp 2.210.726,80

6.4 Perhitungan Alternatif untuk tiap ketinggian

Untuk perhitungan biaya di lakukan dengan membandingkan 4 alternatif. Alternatif yang pertama adalah urugan standard. Alternative ke 2 adalah apabila harga urugan non-standard 50% dari urugan standard. Alternative ke 3 adalah apabila harga urugan non-standard 25% dari urugan standard. Alternatif yang terakhir adalah apabila urugan non-standard didapatkan dengan gratis atau tanpa biaya. Rekap biaya tiap alternatif untuk variasi ketinggian timbunan dapat dilihat pada **Tabel 6.9**.

Tabel 6. 9 Rekap biaya tiap alternatif untuk variasi ketinggian timbunan

H (m)	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4
2,5	Rp 46.139.076	Rp29.974.651	Rp 22.729.110	Rp 15.483.569
3	Rp 57.995.580	Rp37.193.335	Rp 27.965.711	Rp 18.738.087
4	Rp 81.110.651	Rp51.669.870	Rp 38.471.658	Rp 25.273.445
5	Rp 105.333.663	Rp66.643.761	Rp 49.370.043	Rp 32.096.325
6	Rp 129.526.705	Rp82.085.312	Rp 60.625.843	Rp 39.166.373
7	Rp 154.700.328	Rp98.354.639	Rp 72.548.039	Rp 46.741.440

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB VII

PENUTUP

7.1 Kesimpulan

1. Dari uji laboratorium untuk uji proktor dan CBR, didapatkan karakteristik urugan non-standard sebagai berikut :

- $\gamma_{d\max}$ = 1,244 g/cm³
- WC_{optimum} = 32,10 %
- γ_t = 1,644 g/cm³
- C_u = 12,5 kPa
- Φ = 0°

Urugan non-standard hanya dapat digunakan saat musim kemarau.

2. Variasi timbunan yang digunakan 2,5 m – 7 m, didapatkan perencanaan pemampatan sebagai berikut :

- Untuk material urugan standard, total penurunan yang terjadi berkisar antara 0,95 m – 2,16 m dengan tinggi awal 2,9 m – 8,61 m.
- Untuk material urugan non-standard, total penurunan yang terjadi berkisar antara 0,84 m – 2,02 m dengan tinggi awal 2,79 m – 8,47 m.

3. Untuk total material yang diperlukan untuk pembangunan per 1 meter adalah sebagai berikut :

- Volume tanah timbunan dan panjang total Geotekstil yang diperlukan untuk urugan standard adalah sebagai berikut :
 - o Untuk timbunan 2,5 m = 190 m³ & 65 m
 - o Untuk timbunan 3 m = 241,9 m³ & 108 m
 - o Untuk timbunan 4 m = 343,6 m³ & 160 m
 - o Untuk timbunan 5 m = 448 m³ & 259 m
 - o Untuk timbunan 6 m = 555,3 m³ & 297 m
 - o Untuk timbunan 7 m = 664,9 m³ & 374 m

- Volume tanah timbunan dan panjang total Geotekstil yang diperlukan untuk urugan non standard adalah sebagai berikut :
 - o Untuk timbunan 2,5 m = 183 m^3 & 70 m
 - o Untuk timbunan 3 m = 233 m^3 & 72 m
 - o Untuk timbunan 4 m = $333,3 \text{ m}^3$ & 89 m
 - o Untuk timbunan 5 m = $436,2 \text{ m}^3$ & 117 m
 - o Untuk timbunan 6 m = $541,9 \text{ m}^3$ & 152 m
 - o Untuk timbunan 7 m = $651,7 \text{ m}^3$ & 205 m
- 4. Total Biaya terkecil untuk semua variasi timbunan per m adalah jika urugan non-standard didapatkan secara gratis dengan harga antara Rp 15.483.569 – Rp 46.741.440 dan biaya terbesar adalah jika menggunakan urugan standard dikarenakan biaya timbunan sangat mahal Rp 46.139.076 – Rp 154.700.328.

7.2 Saran

Adapun beberapa saran dari penulis yaitu :

1. Perlu diperhitungkan juga metode pelaksanaan di lapangan.
2. Dalam pelaksanaan pekerjaan instalasi geotekstil, perlu dilakukan pengawasan oleh ahli agar hasilnya dapat sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan.
3. Biaya dari geotextile dan yang tertera adalah harga dari produsen. Biaya pengiriman dan bea cukai belum dicantumkan, sehingga bisa jadi pertimbangan lebih lanjut untuk menggunakannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Das, Braja M. 1998. *Mekanika Tanah: Prinsip–Prinsip Rekayasa Geoteknik*. Diterjemahkan oleh Noor Endah dan Indrasurya B.M. Surabaya : Erlangga.
- Hardiyatmo, H. C. (2003). *Mekanika Tanah II* (3rd ed.). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Mochtar, I. B. (2000). *Teknologi Perbaikan Tanah dan Alternatif Perencanaan pada Tanah Bermasalah*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS.
- Mochtar, N. E. (2012). *Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah*. Surabaya: ITS Press.
- Terzaghi, K. (1943) ‘Theoretical soil mechanics’, Géotechnique.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

LAMPIRAN



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

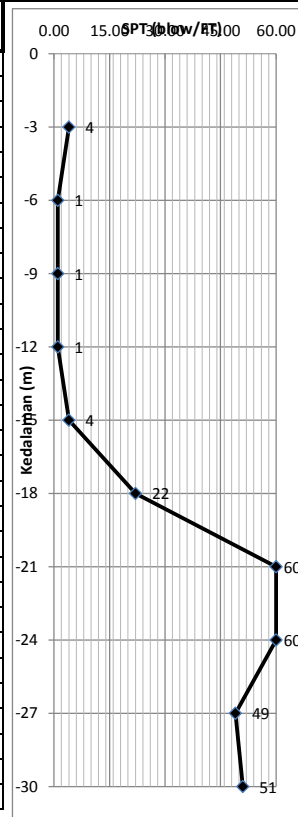
Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya 60111, Telp. 031 5994251-55 Psw 1140 Telp/Fax 031 592 8601, e-mail : tanah.its@gmail.com

LEGEND	PASIR	LEMPUNG	LANAU	KERIKIL	BATU BARA	UNDISTURBED SAMPLE	MAT

KLIEN : PT. KOPEL LAHAN ANDALAN
PROYEK : PEMBANGUNAN APARTEMEN
LOKASI : JL. KENJERAN 504 SURABAYA
TITIK BOR No. : BH - 1

TANGGAL : 18 - 19 Agustus 2016
MASTER BOR : Ropii Cs
ELEVASI : ± 0.00 m - MT
MAT : - 1,10 m

KEDALAMAN (meter)	BOR LOG	DESKRIPSI TANAH	SAMPLE	SPT (blow/feet)			
0				SPT/15 cm			Jumlah (Blow/ft)
				15	15	15	
0		PASIR KERIKIL BERLANAU (KECOKLATAN)					
2		LEMPUNG LANAU BERPASIR BERKERIKIL (ABU ABU)		1	1	3	4
4		PASIR BERLANAU BERLEMPUNG (ABU ABU)		1/45			1
6				1/45			1
8				1/45			1
10				1/45			1
12				1	2	2	4
14							
16		LEMPUNG BERLANAU BERPASIR (ABU-ABU)		9	10	12	22
18		LEMPUNG BERPASIR (COKLAT)		>60			60
20				>60			60
22		PASIR LEMPUNG KOMPAK (COKLAT)		18	22	27	49
24							
26		PASIR LEMPUNG BERKERIKIL KOMPAK (HITAM)		19	25	26	51
28							
30							





LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya 60111, Telp. 031 5994251-55 Psw 1140 Telp/Fax 031 592 8601, e-mail : tanah.its@gmail.com

LEGEND	PASIR	LEMPUNG	LANAU	KERIKIL	BATU BARA	UNDISTURBED SAMPLE	MAT
:							

KLIEN : PT. KOPEL LAHAN ANDALAN
PROYEK : PEMBANGUNAN APARTEMEN
LOKASI : JL. KENJERAN 504 SURABAYA
TITIK BOR No. : BH - 2

TANGGAL : 19 - 20 Agustus 2016
MASTER BOR : Ropii Cs
ELEVASI : ± 0.00 m - MT
MAT : - 1,15 m

KEDALAMAN (meter)	BOR LOG	DESKRIPSI TANAH	SAMPLE	SPT (blow/feet)				
				SPT/15 cm			Jumlah (Blow/ft)	
				15	15	15		
0		PASIR KERIKIL BERLANAU (COKLAT)						0.00
2		LEMPUNG LANAU (ABU-ABU)						15.00
4				1/45			1	30.00
6				1/45			1	45.00
8		LEMPUNG BERLANAU BERPASIR (ABU-ABU)		1/45			1	60.00
10				1/45			1	75.00
12				1/45			1	90.00
14								105.00
16				1	2	2	4	120.00
18		LEMPUNG BERPASIR BERKERIKIL (COKLAT)		9	10	12	22	135.00
20				19	22	25	47	150.00
22								165.00
24				22	>60		60	180.00
26		LEMPUNG PASIR BERKERIKIL KOMPAK (COKLAT)		15	>60		60	195.00
28		LEMPUNG BERPASIR BERKERIKIL KOMPAK (HIJAU ABU-ABU)						210.00
30				17	>60		60	225.00



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya 60111, Telp. 031 5994251-55 Psw 1140 Telp/Fax 031 592 8601, e-mail : tanah.its@gmail.com

LEGEND	PASIR	LEMPUNG	LANAU	KERIKIL	BATU BARA	UNDISTURBED SAMPLE	MAT

KLIEN : PT. KOPEL LAHAN ANDALAN
PROYEK : PEMBANGUNAN APARTEMEN
LOKASI : JL. KENJERAN 504 SURABAYA
TITIK BOR No. : BH - 3

TANGGAL : 20 - 21 Agustus 2016
MASTER BOR : Ropii Cs
ELEVASI : ± 0.00 m - MT
MAT : - 1,05 m

KEDALAMAN (meter)	MAT	BOR LOG	DESKRIPSI TANAH	SAMPLE	SPT (blow/feet)				
0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30			PASIR KERIKIL BERLANAU (COKLAT)		SPT/15 cm			Jumlah (Blow/ft)	
				15	15	15			
			1	1	3	4			
			1/45			1			
			1/45			1			
			1/45			1			
			9	10	12	22			
			8	10	11	21			
			12	17	14	31			
			14	20	25	45			
			22	25	30	55			
			>60			60			



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

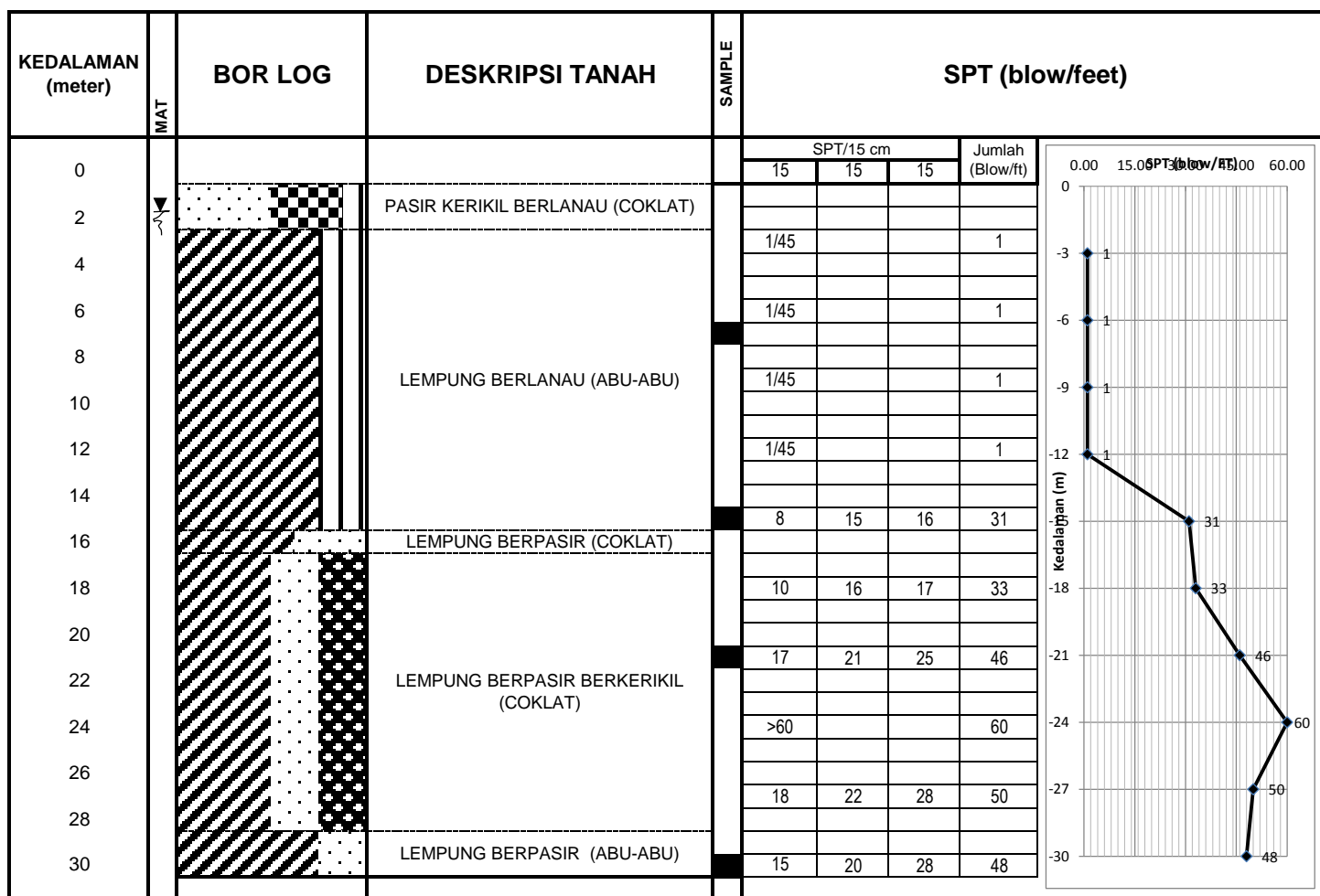
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya 60111, Telp. 031 5994251-55 Psw 1140 Telp/Fax 031 592 8601, e-mail : tanah.its@gmail.com

LEGEND	PASIR	LEMPUNG	LANAU	KERIKIL	BATU BARA	UNDISTURBED SAMPLE	MAT
:							

KLIEN : PT. KOPEL LAHAN ANDALAN
PROYEK : PEMBANGUNAN APARTEMEN
LOKASI : JL. KENJERAN 504 SURABAYA
TITIK BOR No. : BH - 4

TANGGAL : 21 - 22 Agustus 2016
MASTER BOR : Ropii Cs
ELEVASI : ± 0.00 m - MT
MAT : - 1,10 m





LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

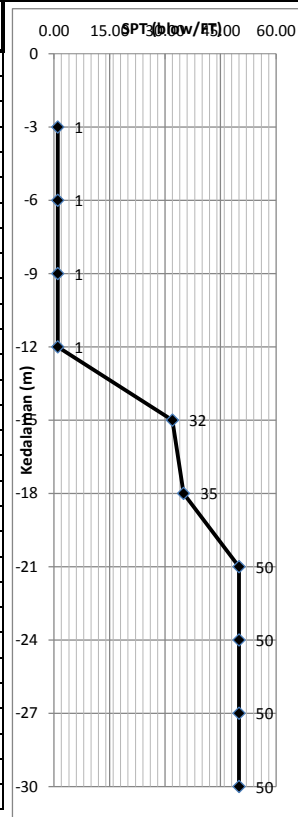
Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya 60111, Telp. 031 5994251-55 Psw 1140 Telp/Fax 031 592 8601, e-mail : tanah.its@gmail.com

LEGEND	PASIR	LEMPUNG	LANAU	KERIKIL	BATU BARA	UNDISTURBED SAMPLE	MAT

KLIEN : PT. KOPEL LAHAN ANDALAN
PROYEK : PEMBANGUNAN APARTEMEN
LOKASI : JL. KENJERAN 504 SURABAYA
TITIK BOR No. : BH - 5

TANGGAL : 22 - 23 Agustus 2016
MASTER BOR : Ropii Cs
ELEVASI : ± 0.00 m - MT
MAT : - 1,0 m

KEDALAMAN (meter)	BOR LOG	DESKRIPSI TANAH	SAMPLE	SPT (blow/feet)			
				SPT/15 cm			Jumlah (Blow/ft)
				15	15	15	
0		PASIR KERIKIL BERLANAU (COKLAT)					
2		LEMPUNG BERLANAU (ABU-ABU)		1/45			1
4		PASIR BERLANAU (ABU-ABU)		1/45			1
6		LEMPUNG BERLANAU (ABU-ABU)		1/45			1
8		LEMPUNG BERLANAU (ABU-ABU)		1/45			1
10		LEMPUNG BERLANAU (ABU-ABU)		1/45			1
12		LEMPUNG BERLANAU (ABU-ABU)		1/45			1
14		LEMPUNG BERLANAU (ABU-ABU)		1/45			1
16		LEMPUNG BERPASIR BERLANAU (COKLAT)		6	14	18	32
18		LEMPUNG BERPASIR BERKERIKIL (COKLAT)		9	16	19	35
20		LEMPUNG PASIR BERKERIKIL (COKLAT)		21	25	28	50
22		LEMPUNG PASIR BERKERIKIL (COKLAT)		>60			50
24		LEMPUNG PASIR BERKERIKIL (COKLAT)		>60			50
26		PASIR BERLEMPUNG BERKERIKIL (COKLAT)		19	22	30	50
28		PASIR BERLEMPUNG BERKERIKIL (COKLAT)		19	22	30	50
30		LEMPUNG BERPASIR (ABU-ABU)		20	24	30	50





LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya

Telp. 031 5994251 - 55 Psw. 1140,

Telp/Fax: 031 5928601, e-mail: tanah.its@gmail.com

REKAP HASIL TEST LABORATORIUM

KLIEN : PT. KOPEL LAHAN ANDALAN
PROYEK : PEMBANGUNAN APARTEMEN
LOKASI : JL. KENJERAN 504 SURABAYA

TITIK BOR : BH - 1
MASTER BOR : Ropii Cs

DEPTH (Meter)	VOLUMETRIC + GRAVIMETRIC								CONSOLIDATION		
	Gs	e	Sr	Wc	n	γ_t	γ_d	γ_{sat}	Pp	Cc	Cv
-7.50	2.553	1.534	100.00	60.09	60.54	1.613	1.007	1.613	1.11	0.970	4.05E-03
-15.00	2.519	1.326	100.00	52.64	57.01	1.653	1.083	1.653	*	*	*
-21.50	2.642	0.893	100.00	33.80	47.17	1.867	1.396	1.867	*	*	*
-30.00	2.586	0.801	100.00	30.97	44.48	1.881	1.436	1.881	*	*	*

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			DIRECT TEST		Unconfined test		TRIAXIAL CD		VANE TEST		k (cm/sec)
	G	S	S+CI	LL	PL	IP	C	ϕ	C _u	ϕ_u	C _d	ϕ_d	Su	Cu	
-7.50	0.00	9.54	90.46	62.83	30.25	32.58	*	*	*	0	*	*	*	0.05	*
-15.00	0.00	8.16	91.84	61.49	31.42	30.07	*	*	0.19	0	*	*	*	*	*
-21.50	0.00	65.14	34.86	51.44	27.65	23.79	*	*	3.29	0	*	*	*	*	*
-30.00	10.43	31.81	57.76	48.16	29.52	18.64	*	*	2.51	0	*	*	*	*	*

REMARK	G	= Gravel (%)	LL	= Liquid Limit (%)	C	= Cohesion of direct shear (kg/cm ²)
	S	= Sand (%)	PL	= Plastic Limit (%)	C _d	= Drained cohesion triaxial test(kg/cm ²)
	S + CI	= Silt + Clay (%)	IP	= Plastic Index (%)	C _u	= Undrained cohesion (kg/cm ²)
	e	= Void ratio	Cc	= Compression Index	Su	= Strength of vane test (kg/cm ²)
	Gs	= Specific Gravity	Cv	= Coefficient of Consolidation (cm ² /det)	ϕ	= Angle of internal friction direct shear test (degree)
	n	= Porosity (%)	Pp	= Preconsolidation Pressure (kg/cm ²)	ϕ_d	= Angle of internal friction drained triaxial test (degree)
	Sr	= Degree of saturation (%)	*	= Not test	ϕ_u	= Angle of internal friction undrained triaxial test (degree)
	W _c	= Water content (%)	k	= Coefficient of permeability (cm/sec)		
	γ_t	= Moisture density (gr/cc)				
	γ_{sat}	= Saturated density (gr/cc)				
	γ_d	= Dry density (gr/cc)				



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya

Telp. 031 5994251 - 55 Psw. 1140,

Telp/Fax: 031 5928601, e-mail: tanah.its@gmail.com

REKAP HASIL TEST LABORATORIUM

KLIENT : PT. KOPEL LAHAN ANDALAN
PROYEK : PEMBANGUNAN APARTEMEN
LOKASI : JL. KENJERAN 504 SURABAYA

TITIK BOR : BH - 2
MASTER BOR : Ropii Cs

DEPTH (Meter)	VOLUMETRIC + GRAVIMETRIC								CONSOLIDATION		
	Gs	e	Sr	Wc	n	γ_t	γ_d	γ_{sat}	Pp	Cc	Cv
-7.50	2.553	1.403	100.00	54.95	58.39	1.646	1.062	1.646	1.13	1.021	4.90E-03
-15.00	2.519	1.397	100.00	55.46	58.28	1.634	1.051	1.634	*	*	*
-21.50	2.642	0.894	100.00	33.84	47.20	1.867	1.395	1.867	*	*	*
-30.00	2.586	0.751	100.00	29.04	42.89	1.906	1.477	1.906	*	*	*

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			DIRECT TEST		Unconfined test		TRIAXIAL CD		VANE TEST		k (cm/sec)
	G	S	S+CI	LL	PL	IP	C	ϕ	C _u	ϕ_u	C _d	ϕ_d	Su	Cu	
-7.50	0.00	18.45	81.55	65.98	29.46	36.52	*	*	*	0	*	*	*	0.05	*
-15.00	0.00	15.34	84.66	60.35	30.52	29.83	*	*	0.21	0	*	*	*	*	*
-21.50	12.12	13.77	74.11	54.13	26.54	27.59	*	*	3.12	0	*	*	*	*	*
-30.00	15.64	15.43	68.93	52.45	30.86	21.59	*	*	3.65	0	*	*	*	*	*

REMARK	G	= Gravel (%)	LL	= Liquid Limit (%)	C	= Cohesion of direct shear (kg/cm ²)
	S	= Sand (%)	PL	= Plastic Limit (%)	C _d	= Drained cohesion triaxial test(kg/cm ²)
	S + CI	= Silt + Clay (%)	IP	= Plastic Index (%)	C _u	= Undrained cohesion (kg/cm ²)
	e	= Void ratio	Cc	= Compression Index	Su	= Strength of vane test (kg/cm ²)
	Gs	= Specific Gravity	Cv	= Coefficient of Consolidation (cm ² /det)	ϕ	= Angle of internal friction direct shear test (degree)
	n	= Porosity (%)	Pp	= Preconsolidation Pressure (kg/cm ²)	ϕ_d	= Angle of internal friction drained triaxial test (degree)
	Sr	= Degree of saturation (%)	*	= Not test	ϕ_u	= Angle of internal friction undrained triaxial test (degree)
	W _c	= Water content (%)	k	= Coefficient of permeability (cm/sec)		
	γ_t	= Moisture density (gr/cc)				
	γ_{sat}	= Saturated density (gr/cc)				
	γ_d	= Dry density (gr/cc)				



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya

Telp. 031 5994251 - 55 Psw. 1140,

Telp/Fax: 031 5928601, e-mail: tanah.its@gmail.com

REKAP HASIL TEST LABORATORIUM

KLIEN : PT. KOPEL LAHAN ANDALAN
PROYEK : PEMBANGUNAN APARTEMEN
LOKASI : JL. KENJERAN 504 SURABAYA

TITIK BOR : BH - 3
MASTER BOR : Ropii Cs

DEPTH (Meter)	VOLUMETRIC + GRAVIMETRIC								CONSOLIDATION		
	Gs	e	Sr	Wc	n	γ_t	γ_d	γ_{sat}	Pp	Cc	Cv
-7.50	2.625	1.507	100.00	57.41	60.11	1.648	1.047	1.648	1.08	0.854	2.60E-03
-15.00	2.641	1.194	100.00	45.21	54.42	1.748	1.204	1.748	*	*	*
-21.50	2.687	0.856	100.00	31.86	46.12	1.909	1.448	1.909	*	*	*
-30.00	2.585	0.725	100.00	28.05	42.03	1.919	1.499	1.919	*	*	*

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			DIRECT TEST		Unconfined test		TRIAXIAL CD		VANE TEST		k (cm/sec)
	G	S	S+CI	LL	PL	IP	C	ϕ	C _u	ϕ_u	C _d	ϕ_d	Su	Cu	
-7.50	0.00	9.53	90.47	69.78	28.46	41.32	*	*	*	0	*	*	*	0.07	*
-15.00	0.00	10.18	89.82	68.41	31.01	37.40	*	*	1.08	0	*	*	*	*	*
-21.50	0.00	11.49	88.51	55.29	28.77	26.52	*	*	1.49	0	*	*	*	*	*
-30.00	12.37	23.54	64.09	46.24	31.95	14.29	*	*	2.97	0	*	*	*	*	*

REMARK	G	= Gravel (%)	LL	= Liquid Limit (%)	C	= Cohesion of direct shear (kg/cm ²)
	S	= Sand (%)	PL	= Plastic Limit (%)	C _d	= Drained cohesion triaxial test(kg/cm ²)
	S + CI	= Silt + Clay (%)	IP	= Plastic Index (%)	C _u	= Undrained cohesion (kg/cm ²)
	e	= Void ratio	Cc	= Compression Index	Su	= Strength of vane test (kg/cm ²)
	Gs	= Specific Gravity	Cv	= Coefficient of Consolidation (cm ² /det)	ϕ	= Angle of internal friction direct shear test (degree)
	n	= Porosity (%)	Pp	= Preconsolidation Pressure (kg/cm ²)	ϕ_d	= Angle of internal friction drained triaxial test (degree)
	Sr	= Degree of saturation (%)	*	= Not test	ϕ_u	= Angle of internal friction undrained triaxial test (degree)
	W _c	= Water content (%)	k	= Coefficient of permeability (cm/sec)		
	γ_t	= Moisture density (gr/cc)				
	γ_{sat}	= Saturated density (gr/cc)				
	γ_d	= Dry density (gr/cc)				



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya

Telp. 031 5994251 - 55 Psw. 1140,

Telp/Fax: 031 5928601, e-mail: tanah.its@gmail.com

REKAP HASIL TEST LABORATORIUM

KLIENT : PT. KOPEL LAHAN ANDALAN
PROYEK : PEMBANGUNAN APARTEMEN
LOKASI : JL. KENJERAN 504 SURABAYA

TITIK BOR : BH - 4
MASTER BOR : Ropii Cs

DEPTH (Meter)	VOLUMETRIC + GRAVIMETRIC								CONSOLIDATION		
	Gs	e	Sr	Wc	n	γ_t	γ_d	γ_{sat}	Pp	Cc	Cv
-7.50	2.537	1.499	100.00	59.09	59.98	1.615	1.015	1.615	1.09	0.906	3.25E-03
-15.00	2.652	1.205	100.00	45.44	54.65	1.749	1.203	1.749	*	*	*
-21.50	2.676	0.826	100.00	30.87	45.24	1.918	1.465	1.918	*	*	*
-30.00	2.615	0.811	100.00	31.01	44.78	1.892	1.444	1.892	*	*	*

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			DIRECT TEST		Unconfined test		TRIAXIAL CD		VANE TEST		k (cm/sec)
	G	S	S+CI	LL	PL	IP	C	ϕ	C _u	ϕ_u	C _d	ϕ_d	Su	Cu	
-7.50	0.00	9.24	90.76	65.84	30.81	35.03	*	*	*	0	*	*	*	0.06	*
-15.00	0.00	10.53	89.47	59.77	29.39	30.38	*	*	1.49	0	*	*	*	*	*
-21.50	15.94	29.44	54.62	56.27	31.47	24.80	*	*	2.21	0	*	*	*	*	*
-30.00	0.00	31.75	68.25	61.44	30.05	31.39	*	*	2.37	0	*	*	*	*	*

REMARK	G	= Gravel (%)	LL	= Liquid Limit (%)	C	= Cohesion of direct shear (kg/cm ²)
	S	= Sand (%)	PL	= Plastic Limit (%)	C _d	= Drained cohesion triaxial test(kg/cm ²)
	S + CI	= Silt + Clay (%)	IP	= Plastic Index (%)	C _u	= Undrained cohesion (kg/cm ²)
	e	= Void ratio	Cc	= Compression Index	Su	= Strength of vane test (kg/cm ²)
	Gs	= Specific Gravity	Cv	= Coefficient of Consolidation (cm ² /det)	ϕ	= Angle of internal friction direct shear test (degree)
	n	= Porosity (%)	Pp	= Preconsolidation Pressure (kg/cm ²)	ϕ_d	= Angle of internal friction drained triaxial test (degree)
	Sr	= Degree of saturation (%)	*	= Not test	ϕ_u	= Angle of internal friction undrained triaxial test (degree)
	W _c	= Water content (%)	k	= Coefficient of permeability (cm/sec)		
	γ_t	= Moisture density (gr/cc)				
	γ_{sat}	= Saturated density (gr/cc)				
	γ_d	= Dry density (gr/cc)				



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya

Telp. 031 5994251 - 55 Psw. 1140,

Telp/Fax: 031 5928601, e-mail: tanah.its@gmail.com

REKAP HASIL TEST LABORATORIUM

KLIEN : PT. KOPEL LAHAN ANDALAN
PROYEK : PEMBANGUNAN APARTEMEN
LOKASI : JL. KENJERAN 504 SURABAYA

TITIK BOR : BH - 5
MASTER BOR : Ropii Cs

DEPTH (Meter)	VOLUMETRIC + GRAVIMETRIC								CONSOLIDATION		
	Gs	e	Sr	Wc	n	γ_t	γ_d	γ_{sat}	Pp	Cc	Cv
-7.50	2.637	1.567	100.00	59.42	61.04	1.638	1.027	1.638	1.07	0.841	5.20E-03
-15.00	2.597	1.197	100.00	46.09	54.48	1.727	1.182	1.727	*	*	*
-21.50	2.615	0.879	100.00	33.61	46.78	1.859	1.392	1.859	*	*	*
-30.00	2.729	0.772	100.00	28.29	43.57	1.976	1.540	1.976	*	*	*

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			DIRECT TEST		Unconfined test		TRIAXIAL CD		VANE TEST		k (cm/sec)
	G	S	S+CI	LL	PL	IP	C	ϕ	C _u	ϕ_u	C _d	ϕ_d	Su	Cu	
-7.50	0.00	11.09	88.91	63.45	28.65	34.80	*	*	*	0	*	*	*	0.05	*
-15.00	0.00	32.77	67.23	53.28	30.75	22.53	*	*	1.53	0	*	*	*	*	*
-21.50	12.35	30.87	56.78	42.87	29.68	13.19	*	*	2.61	0	*	*	*	*	*
-30.00	0.00	29.45	70.55	59.37	31.25	28.12	*	*	2.55	0	*	*	*	*	*

REMARK	G	= Gravel (%)	LL	= Liquid Limit (%)	C	= Cohesion of direct shear (kg/cm ²)
	S	= Sand (%)	PL	= Plastic Limit (%)	C _d	= Drained cohesion triaxial test(kg/cm ²)
	S + CI	= Silt + Clay (%)	IP	= Plastic Index (%)	C _u	= Undrained cohesion (kg/cm ²)
	e	= Void ratio	Cc	= Compression Index	Su	= Strength of vane test (kg/cm ²)
	Gs	= Specific Gravity	Cv	= Coefficient of Consolidation (cm ² /det)	ϕ	= Angle of internal friction direct shear test (degree)
	n	= Porosity (%)	Pp	= Preconsolidation Pressure (kg/cm ²)	ϕ_d	= Angle of internal friction drained triaxial test (degree)
	Sr	= Degree of saturation (%)	*	= Not test	ϕ_u	= Angle of internal friction undrained triaxial test (degree)
	W _c	= Water content (%)	k	= Coefficient of permeability (cm/sec)		
	γ_t	= Moisture density (gr/cc)				
	γ_{sat}	= Saturated density (gr/cc)				
	γ_d	= Dry density (gr/cc)				



CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) LAB. TES

ASTM D 1883-90 ; AASHTO T-193-90 ; SNI. 03-1744-1989

NAMA MHS : WILBERT
KEPERLUAN : PENELITIAN
LOKASI : EX. KAMPUS ITS SUKOLILO
QUARRY MATERIAL : Surabaya
JENIS MATERIAL : Lempung, abu-abu terang

Diuji tanggal : 19 Desember 2017
Diuji oleh : Wilbert
Sampel : 2
Tumbukan : 56
Lapis : 3

Volume Cetakan	: 2208,8	cm ³
Brt cetakan + tanah	: 10433	gr
Berat Cetakan	: 6775	gr
Brt tanah dalam cetakan	: 3658	gr
Brt tanah kering	: 2769,22	gr
Brt / vol kering γ_d	: 1,254	gr/cc
Brt / vol tanah, (γ_t)	: 1,656	gr/cc
Tinggi sample	: 12,500	cm
Skala dial	: 0,010	mm
Bacaan dial swelling	: 536	div
Swelling	: 5,360	mm
Prosentase Swelling	: 4,288	%
Kadar Air (Wc)	: 32,10	%

Kadar Air	Sebelum	Sesudah
Brt cawan + tanah (gr) =	116,60	
Brt cawan + tnh kering (gr) =	97,85	
Brt cawan (gr) =	39,43	
Brt air (gr) =	18,75	
Brt tanah kering (gr) =	58,42	
Kadar Air (Wc) (%) =	32,10	

KALIBRASI PROVING RING

1 divisi = **2,2** lbs
1 divisi = **0,998** Kg

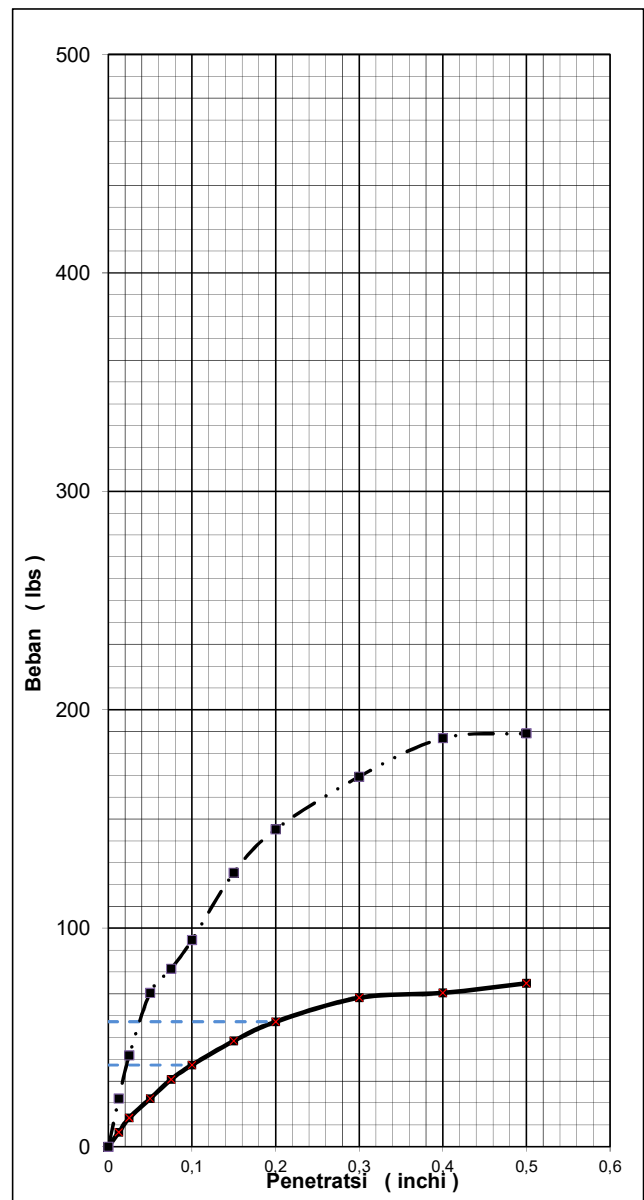
TOP			BOTTOM		
PENETRASI (inchi)	PEMBAC. DIAL	BEBAN (lbs)	PENETRASI (inchi)	PEMBAC. DIAL	BEBAN (lbs)
0	0	0	0	0	0
0,0125	3	6,60	0,0125	10	22,00
0,0250	6	13,20	0,0250	19	41,80
0,0500	10	22,00	0,0500	32	70,40
0,0750	14	30,80	0,0750	37	81,40
0,1000	17	37,40	0,1000	43	94,60
0,1500	22	48,40	0,1500	57	125,40
0,2000	26	57,20	0,2000	66	145,20
0,3000	31	68,20	0,3000	77	169,40
0,4000	32	70,40	0,4000	85	187,00
0,5000	34	74,80	0,5000	86	189,20

NILAI C B R (TOP)

0.1 " =	$\frac{37,4}{3000}$	x 100% =	1,25	%
0.2 " =	$\frac{57,2}{4500}$	x 100% =	1,27	%
C B R DESIGN		=	81,30	%

NILAI C B R (BOTTOM)

0.1 " =	$\frac{94,60}{3000}$	x 100% =	3,15	%
0.2 " =	$\frac{145,20}{4500}$	x 100% =	3,23	%
C B R DESIGN		=	3	%



Keterangan :

- Kadar Air Optimum (OMC) 32,10 %
- Berat Vol. Kering Max (γ_{dmax}) 1,254 gr/cm³

————— TOP
- - - - - BOTTOM

Tabel 1. Sc akibat timbunan (H_{final} 2,5 m) (urugan standard)

Elevasi Z (m)	γ' (t/m ³)	Titik Tinjau (m)	σ'_o (t/m ²)	$\sigma'_o + \Delta\sigma$ (t/m ²)	σ'_c (t/m ²)	Sc ($\sigma'_o + \Delta\sigma \leq \sigma'_c$) (m)	Sc ($\sigma'_o + \Delta\sigma > \sigma'_c$) (m)	Sc pakai (m)
1	0,646	0,5	0,323	4,7512	2,323	0,017	0,123	0,123
2	0,646	1,5	0,969	5,397	2,969	0,014	0,090	0,09
3	0,646	2,5	1,615	6,0424	3,615	0,012	0,073	0,073
4	0,646	3,5	2,261	6,6869	4,261	0,011	0,063	0,063
5	0,646	4,5	2,907	7,3303	4,907	0,010	0,055	0,055
6	0,646	5,5	3,553	7,9723	5,553	0,009	0,049	0,049
7	0,646	6,5	4,199	8,6127	6,199	0,008	0,044	0,044
8	0,646	7,5	4,845	9,2513	6,845	0,007	0,040	0,04
9	0,646	8,5	5,491	9,8878	7,491	0,007	0,037	0,037
10	0,646	9,5	6,137	10,522	8,137	0,006	0,034	0,034
11	0,646	10,5	6,783	11,154	8,783	0,006	0,031	0,031
12	0,646	11,5	7,429	11,784	9,429	0,005	0,029	0,029
13	0,634	12,5	8,069	12,406	10,07	0,005	0,026	0,026
14	0,634	13,5	8,703	13,019	10,7	0,004	0,024	0,024
15	0,634	14,5	9,337	13,63	11,34	0,004	0,023	0,023
16	0,634	15,5	9,971	14,239	11,97	0,004	0,021	0,021
17	0,634	16,5	10,605	14,845	12,61	0,004	0,020	0,02
					Sc Total Timbunan			0,782

Tabel 2. Sc akibat perkerasan (H_{final} 2,5 m) (urugan standard)

Elevasi Z (m)	Q asumsi (t/m ²)	Titik Tinjau (m)	$\Delta\sigma$ (t/m ²)	$\sigma'_o + \Delta\sigma$ (t/m ²)	Sc (m)
1	1,573	3,395	1,5714	1,8944	0,042
2	1,573	4,395	1,5702	2,5392	0,023
3	1,573	5,395	1,5684	3,1834	0,016
4	1,573	6,395	1,5659	3,8269	0,013
5	1,573	7,395	1,5625	4,4695	0,01
6	1,573	8,395	1,5583	5,1113	0,009
7	1,573	9,395	1,5531	5,7521	0,008
8	1,573	10,4	1,5469	6,3919	0,007
9	1,573	11,4	1,5397	7,0307	0,006
10	1,573	12,4	1,5315	7,6685	0,005
11	1,573	13,4	1,5223	8,3053	0,005
12	1,573	14,4	1,5122	8,9412	0,004
13	1,573	15,4	1,5011	9,5701	0,004
14	1,573	16,4	1,4893	10,192	0,003
15	1,573	17,4	1,4766	10,814	0,003
16	1,573	18,4	1,4632	11,434	0,003
17	1,573	19,4	1,4492	12,054	0,003
			SC perkerasan		0,164

Tabel 3. Sc akibat timbunan (H_{final} 3 m) (urugan standard)

Elevasi Z (m)	γ' (t/m ³)	Titik Tinjau (m)	σ'_o (t/m ²)	$\sigma'_o + \Delta\sigma$ (t/m ²)	σ'_c (t/m ²)	Sc ($\sigma'_o + \Delta\sigma \leq \sigma'_c$) (m)	Sc ($\sigma'_o + \Delta\sigma > \sigma'_c$) (m)	Sc pakai (m)
1	0,646	0,5	0,323	5,8208	2,323	0,022	0,144	0,144
2	0,646	1,5	0,969	6,4666	2,969	0,019	0,109	0,109
3	0,646	2,5	1,615	7,1117	3,615	0,016	0,091	0,091
4	0,646	3,5	2,261	7,7559	4,261	0,014	0,078	0,078
5	0,646	4,5	2,907	8,3987	4,907	0,013	0,069	0,069
6	0,646	5,5	3,553	9,0397	5,553	0,012	0,062	0,062
7	0,646	6,5	4,199	9,6788	6,199	0,011	0,056	0,056
8	0,646	7,5	4,845	10,316	6,845	0,010	0,052	0,052
9	0,646	8,5	5,491	10,95	7,491	0,009	0,047	0,047
10	0,646	9,5	6,137	11,581	8,137	0,008	0,044	0,044
11	0,646	10,5	6,783	12,21	8,783	0,008	0,041	0,041
12	0,646	11,5	7,429	12,836	9,429	0,007	0,038	0,038
13	0,634	12,5	8,069	13,453	10,07	0,006	0,034	0,034
14	0,634	13,5	8,703	14,062	10,7	0,006	0,032	0,032
15	0,634	14,5	9,337	14,667	11,34	0,006	0,030	0,03
16	0,634	15,5	9,971	15,27	11,97	0,005	0,028	0,028
17	0,634	16,5	10,605	15,87	12,61	0,005	0,027	0,027
					Sc Total Timbunan			0,983

Tabel 4. Sc akibat perkerasan (H_{final} 3 m) (urugan standard)

Elevasi Z (m)	Q asumsi (t/m ²)	Titik Tinjau (m)	$\Delta\sigma$ (t/m ²)	$\sigma'_o + \Delta\sigma$ (t/m ²)	Sc (m)
1	1,573	4,101	1,5706	1,8936	0,042
2	1,573	5,101	1,569	2,538	0,023
3	1,573	6,101	1,5667	3,1817	0,016
4	1,573	7,101	1,5636	3,8246	0,013
5	1,573	8,101	1,5596	4,4666	0,01
6	1,573	9,101	1,5547	5,1077	0,009
7	1,573	10,1	1,5488	5,7478	0,008
8	1,573	11,1	1,5419	6,3869	0,007
9	1,573	12,1	1,534	7,025	0,006
10	1,573	13,1	1,5251	7,6621	0,005
11	1,573	14,1	1,5152	8,2982	0,005
12	1,573	15,1	1,5045	8,9335	0,004
13	1,573	16,1	1,4928	9,5618	0,004
14	1,573	17,1	1,4804	10,183	0,003
15	1,573	18,1	1,4672	10,804	0,003
16	1,573	19,1	1,4534	11,424	0,003
17	1,573	20,1	1,4389	12,044	0,003
			SC perkerasan		0,164

Tabel 5. Sc akibat timbunan (Hfinal 4 m) (urugan standard)

Elevasi Z (m)	γ' (t/m ³)	Titik Tinjau (m)	σ'_o (t/m ²)	$\sigma'_o + \Delta\sigma$ (t/m ²)	σ'_c (t/m ²)	Sc ($\sigma'_o + \Delta\sigma \leq \sigma'_c$) (m)	Sc ($\sigma'_o + \Delta\sigma > \sigma'_c$) (m)	Sc pakai (m)
1	0,646	0,5	0,323	7,87	2,323	0,029	0,176	0,176
2	0,646	1,5	0,969	8,5156	2,969	0,025	0,138	0,138
3	0,646	2,5	1,615	9,1605	3,615	0,022	0,117	0,117
4	0,646	3,5	2,261	9,804	4,261	0,020	0,103	0,103
5	0,646	4,5	2,907	10,446	4,907	0,018	0,092	0,092
6	0,646	5,5	3,553	11,085	5,553	0,017	0,084	0,084
7	0,646	6,5	4,199	11,721	6,199	0,015	0,077	0,077
8	0,646	7,5	4,845	12,355	6,845	0,014	0,071	0,071
9	0,646	8,5	5,491	12,984	7,491	0,013	0,065	0,065
10	0,646	9,5	6,137	13,611	8,137	0,012	0,061	0,061
11	0,646	10,5	6,783	14,233	8,783	0,012	0,057	0,057
12	0,646	11,5	7,429	14,852	9,429	0,011	0,054	0,054
13	0,634	12,5	8,069	15,46	10,07	0,009	0,048	0,048
14	0,634	13,5	8,703	16,059	10,7	0,009	0,045	0,045
15	0,634	14,5	9,337	16,653	11,34	0,009	0,043	0,043
16	0,634	15,5	9,971	17,244	11,97	0,008	0,040	0,04
17	0,634	16,5	10,605	17,832	12,61	0,008	0,038	0,038
					Sc Total Timbunan			1,309

Tabel 6. Sc akibat perkerasan (H_{final} 4 m) (urugan standard)

Elevasi Z (m)	Q asumsi (t/m ²)	Titik Tinjau (m)	$\Delta\sigma$ (t/m ²)	$\sigma'_o + \Delta\sigma$ (t/m ²)	Sc (m)
1	1,573	5,421	1,5684	1,8914	0,042
2	1,573	6,421	1,5658	2,5348	0,023
3	1,573	7,421	1,5624	3,1774	0,016
4	1,573	8,421	1,5582	3,8192	0,013
5	1,573	9,421	1,5529	4,4599	0,01
6	1,573	10,42	1,5467	5,0997	0,009
7	1,573	11,42	1,5395	5,7385	0,007
8	1,573	12,42	1,5312	6,3762	0,007
9	1,573	13,42	1,522	7,013	0,006
10	1,573	14,42	1,5119	7,6489	0,005
11	1,573	15,42	1,5008	8,2838	0,005
12	1,573	16,42	1,4889	8,9179	0,004
13	1,573	17,42	1,4763	9,5453	0,004
14	1,573	18,42	1,4628	10,166	0,003
15	1,573	19,42	1,4488	10,786	0,003
16	1,573	20,42	1,4341	11,405	0,003
17	1,573	21,42	1,419	12,024	0,003
			SC perkerasan		0,163

Tabel 7. Sc akibat timbunan (H_{final} 5 m) (urugan standard)

Elevasi Z (m)	γ' (t/m ³)	Titik Tinjau (m)	σ'_o (t/m ²)	$\sigma'_o + \Delta\sigma$ (t/m ²)	σ'_c (t/m ²)	Sc ($\sigma'_o + \Delta\sigma \leq \sigma'_c$) (m)	Sc ($\sigma'_o + \Delta\sigma > \sigma'_c$) (m)	Sc pakai (m)
1	0,646	0,5	0,323	9,8791	2,323	0,035	0,200	0,2
2	0,646	1,5	0,969	10,525	2,969	0,030	0,160	0,16
3	0,646	2,5	1,615	11,169	3,615	0,027	0,138	0,138
4	0,646	3,5	2,261	11,812	4,261	0,024	0,123	0,123
5	0,646	4,5	2,907	12,453	4,907	0,022	0,111	0,111
6	0,646	5,5	3,553	13,09	5,553	0,021	0,101	0,101
7	0,646	6,5	4,199	13,724	6,199	0,019	0,093	0,093
8	0,646	7,5	4,845	14,354	6,845	0,018	0,086	0,086
9	0,646	8,5	5,491	14,979	7,491	0,017	0,081	0,081
10	0,646	9,5	6,137	15,6	8,137	0,016	0,075	0,075
11	0,646	10,5	6,783	16,217	8,783	0,015	0,071	0,071
12	0,646	11,5	7,429	16,828	9,429	0,014	0,067	0,067
13	0,634	12,5	8,069	17,428	10,07	0,012	0,060	0,06
14	0,634	13,5	8,703	18,017	10,7	0,012	0,056	0,056
15	0,634	14,5	9,337	18,601	11,34	0,011	0,054	0,054
16	0,634	15,5	9,971	19,181	11,97	0,010	0,051	0,051
17	0,634	16,5	10,605	19,756	12,61	0,010	0,049	0,049
					Sc Total Timbunan			1,576

Tabel 8. Sc akibat perkerasan (H_{final} 5 m) (urugan standard)

Elevasi Z (m)	Q asumsi (t/m ²)	Titik Tinjau (m)	$\Delta\sigma$ (t/m ²)	$\sigma'_o + \Delta\sigma$ (t/m ²)	Sc (m)
1	1,573	6,687	1,565	1,888	0,042
2	1,573	7,687	1,5614	2,5304	0,023
3	1,573	8,687	1,5569	3,1719	0,016
4	1,573	9,687	1,5514	3,8124	0,012
5	1,573	10,69	1,5449	4,4519	0,01
6	1,573	11,69	1,5374	5,0904	0,009
7	1,573	12,69	1,5289	5,7279	0,007
8	1,573	13,69	1,5194	6,3644	0,007
9	1,573	14,69	1,509	7	0,006
10	1,573	15,69	1,4978	7,6348	0,005
11	1,573	16,69	1,4856	8,2686	0,005
12	1,573	17,69	1,4728	8,9018	0,004
13	1,573	18,69	1,4592	9,5282	0,004
14	1,573	19,69	1,445	10,148	0,003
15	1,573	20,69	1,4302	10,767	0,003
16	1,573	21,69	1,4149	11,386	0,003
17	1,573	22,69	1,3992	12,004	0,003
			SC perkerasan		0,163

Tabel 9. Sc akibat timbunan (Hfinal 6 m) (urugan standard)

Elevasi Z (m)	γ' (t/m ³)	Titik Tinjau (m)	$\sigma'o$ (t/m ²)	$\sigma'o + \Delta\sigma$ (t/m ²)	$\sigma'c$ (t/m ²)	Sc ($\sigma'o + \Delta\sigma \leq \sigma'c$) (m)	Sc ($\sigma'o + \Delta\sigma > \sigma'c$) (m)	Sc pakai (m)
1	0,646	0,5	0,323	11,868	2,323	0,039	0,219	0,219
2	0,646	1,5	0,969	12,514	2,969	0,034	0,179	0,179
3	0,646	2,5	1,615	13,158	3,615	0,031	0,156	0,156
4	0,646	3,5	2,261	13,8	4,261	0,028	0,139	0,139
5	0,646	4,5	2,907	14,439	4,907	0,026	0,126	0,126
6	0,646	5,5	3,553	15,075	5,553	0,024	0,116	0,116
7	0,646	6,5	4,199	15,707	6,199	0,022	0,107	0,107
8	0,646	7,5	4,845	16,333	6,845	0,021	0,100	0,1
9	0,646	8,5	5,491	16,955	7,491	0,020	0,094	0,094
10	0,646	9,5	6,137	17,57	8,137	0,018	0,088	0,088
11	0,646	10,5	6,783	18,18	8,783	0,017	0,083	0,083
12	0,646	11,5	7,429	18,784	9,429	0,016	0,078	0,078
13	0,634	12,5	8,069	19,376	10,07	0,014	0,070	0,07
14	0,634	13,5	8,703	19,956	10,7	0,014	0,067	0,067
15	0,634	14,5	9,337	20,53	11,34	0,013	0,063	0,063
16	0,634	15,5	9,971	21,098	11,97	0,013	0,061	0,061
17	0,634	16,5	10,605	21,66	12,61	0,012	0,058	0,058
					Sc Total Timbunan			1,804

Tabel 10. Sc akibat perkerasan (H_{final} 6 m) (urugan standard)

Elevasi Z (m)	Q asumsi (t/m ²)	Titik Tinjau (m)	$\Delta\sigma$ (t/m ²)	$\sigma'_o + \Delta\sigma$ (t/m ²)	Sc (m)
1	1,573	7,919	1,5604	1,8834	0,042
2	1,573	8,919	1,5557	2,5247	0,023
3	1,573	9,919	1,55	3,165	0,016
4	1,573	10,92	1,5432	3,8042	0,012
5	1,573	11,92	1,5355	4,4425	0,01
6	1,573	12,92	1,5268	5,0798	0,009
7	1,573	13,92	1,5171	5,7161	0,007
8	1,573	14,92	1,5065	6,3515	0,006
9	1,573	15,92	1,495	6,986	0,006
10	1,573	16,92	1,4827	7,6197	0,005
11	1,573	17,92	1,4697	8,2527	0,005
12	1,573	18,92	1,4559	8,8849	0,004
13	1,573	19,92	1,4416	9,5106	0,004
14	1,573	20,92	1,4267	10,13	0,003
15	1,573	21,92	1,4113	10,748	0,003
16	1,573	22,92	1,3955	11,366	0,003
17	1,573	23,92	1,3794	11,984	0,003
			SC perkerasan		0,162

Tabel 11. Daya Dukung Tanah pada Timbunan 2,5 m di akhir masa Penimbunan (urugan standard)

Kedalaman	Jenis Tanah	Pi (%)	Zigma (kg/cm2)	Cu baru (kg/cm2)	Cu baru (kPa)	Cu lama (Kpa)	Cu transisi (kPa)
1	1	36,52	0,23	0,10	10,41	5	7,70
2	1	36,52	0,31	0,11	11,43	5	8,22
3	1	36,52	0,38	0,12	12,34	5	8,67
4	1	36,52	0,45	0,13	13,23	5	9,11
5	1	36,52	0,51	0,14	14,12	5	9,56
6	1	36,52	0,58	0,15	15,01	5	10,01
7	1	36,52	0,65	0,16	15,90	5	10,45
8	1	36,52	0,72	0,17	16,79	5	10,90
9	1	36,52	0,78	0,18	17,68	5	11,34
10	1	36,52	0,85	0,19	18,56	5	11,78
11	1	36,52	0,92	0,19	19,43	5	12,21
12	1	36,52	0,98	0,20	20,29	5	12,64
13	2	29,83	1,05	0,22	22,26	6	14,13
14	2	29,83	1,11	0,23	23,19	6	14,60
15	2	29,83	1,18	0,24	24,13	6	15,07
16	2	29,83	1,24	0,25	25,06	6	15,53
17	2	29,83	1,31	0,26	26,00	6	16,00

Tabel 12. Daya Dukung Tanah pada Timbunan 2,5 m di akhir masa Pemampatan (urugan standard)

Kedalaman	Jenis Tanah	Pi (%)	Zigma (kg/cm2)	Cu baru (kg/cm2)	Cu baru (kPa)	Cu lama (Kpa)	Cu transisi (kPa)
1	1	36,52	0,53	0,14	14,37	5	9,68
2	1	36,52	0,60	0,15	15,21	5	10,11
3	1	36,52	0,66	0,16	16,04	5	10,52
4	1	36,52	0,72	0,17	16,88	5	10,94
5	1	36,52	0,79	0,18	17,75	5	11,37
6	1	36,52	0,85	0,19	18,61	5	11,80
7	1	36,52	0,92	0,19	19,47	5	12,23
8	1	36,52	0,99	0,20	20,34	5	12,67
9	1	36,52	1,05	0,21	21,20	5	13,10
10	1	36,52	1,12	0,22	22,06	5	13,53
11	1	36,52	1,18	0,23	22,91	5	13,95
12	1	36,52	1,24	0,24	23,74	5	14,37
13	2	29,83	1,31	0,26	25,96	6	15,98
14	2	29,83	1,37	0,27	26,86	6	16,43
15	2	29,83	1,43	0,28	27,77	6	16,88
16	2	29,83	1,50	0,29	28,67	6	17,33
17	2	29,83	1,56	0,30	29,56	6	17,78

Tabel 13. Daya Dukung Tanah pada Timbunan 3 m di akhir masa
Penimbunan (urugan standard)

Kedalaman	Jenis Tanah	Pi (%)	Zigma (kg/cm2)	Cu baru (kg/cm2)	Cu baru (kPa)	Cu lama (Kpa)	Cu transisi (kPa)
1	1	36,52	0,32	0,12	11,64	5	8,32
2	1	36,52	0,40	0,13	12,66	5	8,83
3	1	36,52	0,47	0,14	13,56	5	9,28
4	1	36,52	0,54	0,14	14,45	5	9,73
5	1	36,52	0,61	0,15	15,35	5	10,17
6	1	36,52	0,67	0,16	16,23	5	10,62
7	1	36,52	0,74	0,17	17,12	5	11,06
8	1	36,52	0,81	0,18	18,01	5	11,50
9	1	36,52	0,88	0,19	18,89	5	11,95
10	1	36,52	0,94	0,20	19,77	5	12,38
11	1	36,52	1,01	0,21	20,63	5	12,82
12	1	36,52	1,07	0,21	21,48	5	13,24
13	2	29,83	1,14	0,24	23,55	6	14,78
14	2	29,83	1,20	0,24	24,47	6	15,24
15	2	29,83	1,27	0,25	25,40	6	15,70
16	2	29,83	1,33	0,26	26,32	6	16,16
17	2	29,83	1,40	0,27	27,24	6	16,62

Tabel 14. Daya Dukung Tanah pada Timbunan 3 m di akhir masa
Pemampatan (urugan standard)

Kedalaman	Jenis Tanah	Pi (%)	Zigma (kg/cm2)	Cu baru (kg/cm2)	Cu baru (kPa)	Cu lama (Kpa)	Cu transisi (kPa)
1	1	36,52	0,66	0,16	16,01	5	10,50
2	1	36,52	0,72	0,17	16,85	5	10,92
3	1	36,52	0,78	0,18	17,67	5	11,34
4	1	36,52	0,85	0,19	18,51	5	11,76
5	1	36,52	0,91	0,19	19,38	5	12,19
6	1	36,52	0,98	0,20	20,23	5	12,62
7	1	36,52	1,04	0,21	21,09	5	13,05
8	1	36,52	1,11	0,22	21,95	5	13,48
9	1	36,52	1,17	0,23	22,81	5	13,90
10	1	36,52	1,24	0,24	23,66	5	14,33
11	1	36,52	1,30	0,24	24,49	5	14,75
12	1	36,52	1,37	0,25	25,32	5	15,16
13	2	29,83	1,43	0,28	27,66	6	16,83
14	2	29,83	1,49	0,29	28,54	6	17,27
15	2	29,83	1,55	0,29	29,43	6	17,72
16	2	29,83	1,61	0,30	30,31	6	18,16
17	2	29,83	1,68	0,31	31,19	6	18,59

Tabel 15. Daya Dukung Tanah pada Timbunan 4 m di akhir masa
Penimbunan (urugan standard)

Kedalaman	Jenis Tanah	Pi (%)	Zigma (kg/cm2)	Cu baru (kg/cm2)	Cu baru (kPa)	Cu lama (Kpa)	Cu transisi (kPa)
1	1	36,52	0,54	0,14	14,43	5	9,72
2	1	36,52	0,61	0,15	15,42	5	10,21
3	1	36,52	0,68	0,16	16,31	5	10,65
4	1	36,52	0,75	0,17	17,19	5	11,09
5	1	36,52	0,81	0,18	18,08	5	11,54
6	1	36,52	0,88	0,19	18,96	5	11,98
7	1	36,52	0,95	0,20	19,83	5	12,42
8	1	36,52	1,01	0,21	20,71	5	12,86
9	1	36,52	1,08	0,22	21,58	5	13,29
10	1	36,52	1,15	0,22	22,45	5	13,72
11	1	36,52	1,21	0,23	23,29	5	14,15
12	1	36,52	1,27	0,24	24,13	5	14,56
13	2	29,83	1,34	0,26	26,39	6	16,19
14	2	29,83	1,40	0,27	27,28	6	16,64
15	2	29,83	1,46	0,28	28,18	6	17,09
16	2	29,83	1,53	0,29	29,08	6	17,54
17	2	29,83	1,59	0,30	29,97	6	17,98

Tabel 16. Daya Dukung Tanah pada Timbunan 4 m di akhir masa
Pemampatan (urugan standard)

Kedalaman	Jenis Tanah	Pi (%)	Zigma (kg/cm2)	Cu baru (kg/cm2)	Cu baru (kPa)	Cu lama (Kpa)	Cu transisi (kPa)
1	1	36,52	0,89	0,19	19,12	5	12,06
2	1	36,52	0,96	0,20	19,95	5	12,48
3	1	36,52	1,02	0,21	20,78	5	12,89
4	1	36,52	1,08	0,22	21,61	5	13,31
5	1	36,52	1,15	0,22	22,47	5	13,73
6	1	36,52	1,21	0,23	23,32	5	14,16
7	1	36,52	1,28	0,24	24,16	5	14,58
8	1	36,52	1,34	0,25	25,01	5	15,01
9	1	36,52	1,41	0,26	25,85	5	15,43
10	1	36,52	1,47	0,27	26,68	5	15,84
11	1	36,52	1,53	0,27	27,49	5	16,25
12	1	36,52	1,59	0,28	28,29	5	16,64
13	2	29,83	1,65	0,31	30,84	6	18,42
14	2	29,83	1,71	0,32	31,69	6	18,85
15	2	29,83	1,77	0,33	32,54	6	19,27
16	2	29,83	1,83	0,33	33,39	6	19,69
17	2	29,83	1,89	0,34	34,22	6	20,11

Tabel 17. Daya Dukung Tanah pada Timbunan 5 m di akhir masa
Penimbunan (urugan standard)

Kedalaman	Jenis Tanah	Pi (%)	Zigma (kg/cm2)	Cu baru (kg/cm2)	Cu baru (kPa)	Cu lama (Kpa)	Cu transisi (kPa)
1	1	36,52	0,77	0,18	17,51	5	11,25
2	1	36,52	0,84	0,18	18,45	5	11,72
3	1	36,52	0,91	0,19	19,32	5	12,16
4	1	36,52	0,97	0,20	20,19	5	12,59
5	1	36,52	1,04	0,21	21,07	5	13,03
6	1	36,52	1,11	0,22	21,93	5	13,47
7	1	36,52	1,17	0,23	22,80	5	13,90
8	1	36,52	1,24	0,24	23,66	5	14,33
9	1	36,52	1,30	0,25	24,51	5	14,76
10	1	36,52	1,37	0,25	25,35	5	15,18
11	1	36,52	1,43	0,26	26,18	5	15,59
12	1	36,52	1,49	0,27	26,99	5	15,99
13	2	29,83	1,55	0,29	29,45	6	17,72
14	2	29,83	1,61	0,30	30,31	6	18,15
15	2	29,83	1,67	0,31	31,17	6	18,59
16	2	29,83	1,73	0,32	32,03	6	19,01
17	2	29,83	1,79	0,33	32,88	6	19,44

Tabel 18. Daya Dukung Tanah pada Timbunan 5 m di akhir masa
Pemampatan (urugan standard)

Kedalaman	Jenis Tanah	Pi (%)	Zigma (kg/cm2)	Cu baru (kg/cm2)	Cu baru (kPa)	Cu lama (Kpa)	Cu transisi (kPa)
1	1	36,52	1,12	0,22	22,14	5	13,57
2	1	36,52	1,19	0,23	22,96	5	13,98
3	1	36,52	1,25	0,24	23,78	5	14,39
4	1	36,52	1,31	0,25	24,61	5	14,81
5	1	36,52	1,38	0,25	25,46	5	15,23
6	1	36,52	1,44	0,26	26,30	5	15,65
7	1	36,52	1,50	0,27	27,13	5	16,07
8	1	36,52	1,57	0,28	27,96	5	16,48
9	1	36,52	1,63	0,29	28,78	5	16,89
10	1	36,52	1,69	0,30	29,58	5	17,29
11	1	36,52	1,75	0,30	30,37	5	17,68
12	1	36,52	1,81	0,31	31,13	5	18,06
13	2	29,83	1,86	0,34	33,87	6	19,94
14	2	29,83	1,92	0,35	34,68	6	20,34
15	2	29,83	1,98	0,35	35,49	6	20,75
16	2	29,83	2,03	0,36	36,29	6	21,14
17	2	29,83	2,09	0,37	37,08	6	21,54

Tabel 19. Daya Dukung Tanah pada Timbunan 6 m di akhir masa
Penimbunan (urugan standard)

Kedalaman	Jenis Tanah	Pi (%)	Zigma (kg/cm2)	Cu baru (kg/cm2)	Cu baru (kPa)	Cu lama (Kpa)	Cu transisi (kPa)
1	1	36,52	0,92	0,19	19,44	5	12,22
2	1	36,52	0,99	0,20	20,36	5	12,68
3	1	36,52	1,05	0,21	21,22	5	13,11
4	1	36,52	1,12	0,22	22,09	5	13,54
5	1	36,52	1,19	0,23	22,96	5	13,98
6	1	36,52	1,25	0,24	23,82	5	14,41
7	1	36,52	1,32	0,25	24,67	5	14,84
8	1	36,52	1,38	0,26	25,52	5	15,26
9	1	36,52	1,44	0,26	26,36	5	15,68
10	1	36,52	1,51	0,27	27,19	5	16,09
11	1	36,52	1,57	0,28	27,99	5	16,50
12	1	36,52	1,63	0,29	28,78	5	16,89
13	2	29,83	1,69	0,31	31,36	6	18,68
14	2	29,83	1,75	0,32	32,19	6	19,10
15	2	29,83	1,80	0,33	33,03	6	19,51
16	2	29,83	1,86	0,34	33,86	6	19,93
17	2	29,83	1,92	0,35	34,68	6	20,34

Tabel 20. Daya Dukung Tanah pada Timbunan 5 m di akhir masa
Pemampatan (urugan standard)

Kedalaman	Jenis Tanah	Pi (%)	Zigma (kg/cm2)	Cu baru (kg/cm2)	Cu baru (kPa)	Cu lama (Kpa)	Cu transisi (kPa)
1	1	36,52	1,34	0,25	24,99	5	15,00
2	1	36,52	1,40	0,26	25,82	5	15,41
3	1	36,52	1,46	0,27	26,63	5	15,82
4	1	36,52	1,53	0,27	27,46	5	16,23
5	1	36,52	1,59	0,28	28,30	5	16,65
6	1	36,52	1,65	0,29	29,12	5	17,06
7	1	36,52	1,72	0,30	29,94	5	17,47
8	1	36,52	1,78	0,31	30,74	5	17,87
9	1	36,52	1,84	0,32	31,53	5	18,27
10	1	36,52	1,90	0,32	32,30	5	18,65
11	1	36,52	1,95	0,33	33,05	5	19,03
12	1	36,52	2,01	0,34	33,77	5	19,39
13	2	29,83	2,06	0,37	36,69	6	21,34
14	2	29,83	2,12	0,37	37,45	6	21,72
15	2	29,83	2,17	0,38	38,20	6	22,10
16	2	29,83	2,22	0,39	38,95	6	22,47
17	2	29,83	2,27	0,40	39,68	6	22,84

Tabel 21. Sc akibat timbunan (H_{final} 2,5 m) (urugan non-standard)

Elevasi Z (m)	γ' (t/m ³)	Titik Tinjau (m)	σ'_o (t/m ²)	$\sigma'_o + \Delta\sigma$ (t/m ²)	σ'_c (t/m ²)	Sc ($\sigma'_o + \Delta\sigma \leq \sigma'_c$) (m)	Sc ($\sigma'_o + \Delta\sigma > \sigma'_c$) (m)	Sc pakai (m)
1	0,646	0,5	0,323	4,2214	2,323	0,014	0,110	0,11
2	0,646	1,5	0,969	4,8673	2,969	0,012	0,079	0,079
3	0,646	2,5	1,615	5,5127	3,615	0,010	0,064	0,064
4	0,646	3,5	2,261	6,1574	4,261	0,009	0,054	0,054
5	0,646	4,5	2,907	6,8011	4,907	0,008	0,047	0,047
6	0,646	5,5	3,553	7,4436	5,553	0,007	0,042	0,042
7	0,646	6,5	4,199	8,0847	6,199	0,006	0,037	0,037
8	0,646	7,5	4,845	8,7241	6,845	0,006	0,034	0,034
9	0,646	8,5	5,491	9,3618	7,491	0,005	0,031	0,031
10	0,646	9,5	6,137	9,9976	8,137	0,005	0,028	0,028
11	0,646	10,5	6,783	10,631	8,783	0,005	0,026	0,026
12	0,646	11,5	7,429	11,263	9,429	0,004	0,024	0,024
13	0,634	12,5	8,069	11,887	10,07	0,004	0,021	0,021
14	0,634	13,5	8,703	12,503	10,7	0,003	0,020	0,02
15	0,634	14,5	9,337	13,116	11,34	0,003	0,019	0,019
16	0,634	15,5	9,971	13,728	11,97	0,003	0,018	0,018
17	0,634	16,5	10,605	14,338	12,61	0,003	0,017	0,017
					Sc Total Timbunan			0,672

Tabel 22. Sc akibat perkerasan (H_{final} 2,5 m) (urugan non-standard)

Elevasi Z (m)	Q asumsi (t/m ²)	Titik Tinjau (m)	$\Delta\sigma$ (t/m ²)	$\sigma'_o + \Delta\sigma$ (t/m ²)	Sc (m)
1	1,573	3,288	1,5715	1,8945	0,042
2	1,573	4,288	1,5704	2,5394	0,023
3	1,573	5,288	1,5686	3,1836	0,016
4	1,573	6,288	1,5662	3,8272	0,013
5	1,573	7,288	1,5629	4,4699	0,01
6	1,573	8,288	1,5588	5,1118	0,009
7	1,573	9,288	1,5537	5,7527	0,008
8	1,573	10,29	1,5476	6,3926	0,007
9	1,573	11,29	1,5405	7,0315	0,006
10	1,573	12,29	1,5324	7,6694	0,005
11	1,573	13,29	1,5233	8,3063	0,005
12	1,573	14,29	1,5133	8,9423	0,004
13	1,573	15,29	1,5024	9,5714	0,004
14	1,573	16,29	1,4906	10,194	0,004
15	1,573	17,29	1,478	10,815	0,003
16	1,573	18,29	1,4647	11,436	0,003
17	1,573	19,29	1,4507	12,056	0,003
			SC perkerasan		0,164

Tabel 23. Sc akibat timbunan (Hfinal 3 m) (urugan non-standard)

Elevasi Z (m)	γ' (t/m ³)	Titik Tinjau (m)	$\sigma'o$ (t/m ²)	$\sigma'o + \Delta\sigma$ (t/m ²)	$\sigma'c$ (t/m ²)	Sc ($\sigma'o + \Delta\sigma \leq \sigma'c$) (m)	Sc ($\sigma'o + \Delta\sigma > \sigma'c$) (m)	Sc pakai (m)
1	0,646	0,5	0,323	5,161	2,323	0,019	0,131	0,131
2	0,646	1,5	0,969	5,8068	2,969	0,016	0,098	0,098
3	0,646	2,5	1,615	6,4521	3,615	0,014	0,080	0,08
4	0,646	3,5	2,261	7,0965	4,261	0,012	0,069	0,069
5	0,646	4,5	2,907	7,7397	4,907	0,011	0,061	0,061
6	0,646	5,5	3,553	8,3813	5,553	0,010	0,054	0,054
7	0,646	6,5	4,199	9,0212	6,199	0,009	0,049	0,049
8	0,646	7,5	4,845	9,6591	6,845	0,008	0,045	0,045
9	0,646	8,5	5,491	10,295	7,491	0,008	0,041	0,041
10	0,646	9,5	6,137	10,928	8,137	0,007	0,038	0,038
11	0,646	10,5	6,783	11,559	8,783	0,007	0,035	0,035
12	0,646	11,5	7,429	12,187	9,429	0,006	0,033	0,033
13	0,634	12,5	8,069	12,807	10,07	0,005	0,029	0,029
14	0,634	13,5	8,703	13,418	10,7	0,005	0,027	0,027
15	0,634	14,5	9,337	14,027	11,34	0,005	0,026	0,026
16	0,634	15,5	9,971	14,634	11,97	0,004	0,024	0,024
17	0,634	16,5	10,605	15,238	12,61	0,004	0,023	0,023
					Sc Total Timbunan			0,862

Tabel 24. Sc akibat perkerasan (H_{final} 3 m) (urugan non-standard)

Elevasi Z (m)	Q asumsi (t/m ²)	Titik Tinjau (m)	$\Delta\sigma$ (t/m ²)	$\sigma'_o + \Delta\sigma$ (t/m ²)	Sc (m)
1	1,573	3,977	1,5708	1,8938	0,042
2	1,573	4,977	1,5693	2,5383	0,023
3	1,573	5,977	1,567	3,182	0,016
4	1,573	6,977	1,5641	3,8251	0,013
5	1,573	7,977	1,5602	4,4672	0,01
6	1,573	8,977	1,5554	5,1084	0,009
7	1,573	9,977	1,5496	5,7486	0,008
8	1,573	10,98	1,5428	6,3878	0,007
9	1,573	11,98	1,535	7,026	0,006
10	1,573	12,98	1,5263	7,6633	0,005
11	1,573	13,98	1,5165	8,2995	0,005
12	1,573	14,98	1,5059	8,9349	0,004
13	1,573	15,98	1,4943	9,5633	0,004
14	1,573	16,98	1,482	10,185	0,003
15	1,573	17,98	1,4689	10,806	0,003
16	1,573	18,98	1,4551	11,426	0,003
17	1,573	19,98	1,4407	12,046	0,003
			SC perkerasan		0,164

Tabel 25. Sc akibat timbunan (Hfinal 4 m) (urugan non-standard)

Elevasi Z (m)	γ' (t/m ³)	Titik Tinjau (m)	σ'_o (t/m ²)	$\sigma'_o + \Delta\sigma$ (t/m ²)	σ'_c (t/m ²)	Sc ($\sigma'_o + \Delta\sigma \leq \sigma'_c$) (m)	Sc ($\sigma'_o + \Delta\sigma > \sigma'_c$) (m)	Sc pakai (m)
1	0,646	0,5	0,323	7,0003	2,323	0,026	0,164	0,164
2	0,646	1,5	0,969	7,646	2,969	0,023	0,127	0,127
3	0,646	2,5	1,615	8,291	3,615	0,020	0,107	0,107
4	0,646	3,5	2,261	8,9348	4,261	0,018	0,093	0,093
5	0,646	4,5	2,907	9,5769	4,907	0,016	0,083	0,083
6	0,646	5,5	3,553	10,217	5,553	0,015	0,075	0,075
7	0,646	6,5	4,199	10,854	6,199	0,013	0,068	0,068
8	0,646	7,5	4,845	11,489	6,845	0,012	0,063	0,063
9	0,646	8,5	5,491	12,121	7,491	0,012	0,058	0,058
10	0,646	9,5	6,137	12,75	8,137	0,011	0,054	0,054
11	0,646	10,5	6,783	13,375	8,783	0,010	0,051	0,051
12	0,646	11,5	7,429	13,996	9,429	0,009	0,047	0,047
13	0,634	12,5	8,069	14,608	10,07	0,008	0,042	0,042
14	0,634	13,5	8,703	15,211	10,7	0,008	0,040	0,04
15	0,634	14,5	9,337	15,81	11,34	0,007	0,037	0,037
16	0,634	15,5	9,971	16,406	11,97	0,007	0,035	0,035
17	0,634	16,5	10,605	16,999	12,61	0,007	0,034	0,034
					Sc Total Timbunan			1,178

Tabel 26. Sc akibat perkerasan (H_{final} 4 m) (urugan non-standard)

Elevasi Z (m)	Q asumsi (t/m ²)	Titik Tinjau (m)	$\Delta\sigma$ (t/m ²)	$\sigma'_o + \Delta\sigma$ (t/m ²)	Sc (m)
1	1,573	5,292	1,5686	1,8916	0,042
2	1,573	6,292	1,5662	2,5352	0,023
3	1,573	7,292	1,5629	3,1779	0,016
4	1,573	8,292	1,5588	3,8198	0,013
5	1,573	9,292	1,5537	4,4607	0,01
6	1,573	10,29	1,5476	5,1006	0,009
7	1,573	11,29	1,5405	5,7395	0,007
8	1,573	12,29	1,5324	6,3774	0,007
9	1,573	13,29	1,5233	7,0143	0,006
10	1,573	14,29	1,5133	7,6503	0,005
11	1,573	15,29	1,5023	8,2853	0,005
12	1,573	16,29	1,4905	8,9195	0,004
13	1,573	17,29	1,4779	9,5469	0,004
14	1,573	18,29	1,4646	10,168	0,003
15	1,573	19,29	1,4506	10,788	0,003
16	1,573	20,29	1,4361	11,407	0,003
17	1,573	21,29	1,421	12,026	0,003
			SC perkerasan		0,163

Tabel 27. Sc akibat timbunan (Hfinal 5 m) (urugan non-standard)

Elevasi Z (m)	γ' (t/m ³)	Titik Tinjau (m)	$\sigma'o$ (t/m ²)	$\sigma'o + \Delta\sigma$ (t/m ²)	$\sigma'c$ (t/m ²)	Sc ($\sigma'o + \Delta\sigma \leq \sigma'c$) (m)	Sc ($\sigma'o + \Delta\sigma > \sigma'c$) (m)	Sc pakai (m)
1	0,646	0,5	0,323	8,8096	2,323	0,032	0,188	0,188
2	0,646	1,5	0,969	9,4552	2,969	0,028	0,149	0,149
3	0,646	2,5	1,615	10,1	3,615	0,025	0,128	0,128
4	0,646	3,5	2,261	10,743	4,261	0,022	0,113	0,113
5	0,646	4,5	2,907	11,384	4,907	0,020	0,101	0,101
6	0,646	5,5	3,553	12,023	5,553	0,018	0,092	0,092
7	0,646	6,5	4,199	12,658	6,199	0,017	0,085	0,085
8	0,646	7,5	4,845	13,29	6,845	0,016	0,078	0,078
9	0,646	8,5	5,491	13,917	7,491	0,015	0,073	0,073
10	0,646	9,5	6,137	14,541	8,137	0,014	0,068	0,068
11	0,646	10,5	6,783	15,161	8,783	0,013	0,064	0,064
12	0,646	11,5	7,429	15,776	9,429	0,012	0,060	0,06
13	0,634	12,5	8,069	16,38	10,07	0,011	0,053	0,053
14	0,634	13,5	8,703	16,975	10,7	0,010	0,051	0,051
15	0,634	14,5	9,337	17,564	11,34	0,010	0,048	0,048
16	0,634	15,5	9,971	18,15	11,97	0,009	0,046	0,046
17	0,634	16,5	10,605	18,731	12,61	0,009	0,043	0,043
					Sc Total Timbunan			1,439

Tabel 28. Sc akibat perkerasan (H_{final} 5 m) (urugan non-standard)

Elevasi Z (m)	Q asumsi (t/m ²)	Titik Tinjau (m)	$\Delta\sigma$ (t/m ²)	$\sigma'_o + \Delta\sigma$ (t/m ²)	Sc (m)
1	1,573	6,554	1,5654	1,8884	0,042
2	1,573	7,554	1,5619	2,5309	0,023
3	1,573	8,554	1,5575	3,1725	0,016
4	1,573	9,554	1,5522	3,8132	0,013
5	1,573	10,55	1,5458	4,4528	0,01
6	1,573	11,55	1,5384	5,0914	0,009
7	1,573	12,55	1,5301	5,7291	0,007
8	1,573	13,55	1,5207	6,3657	0,007
9	1,573	14,55	1,5105	7,0015	0,006
10	1,573	15,55	1,4993	7,6363	0,005
11	1,573	16,55	1,4873	8,2703	0,005
12	1,573	17,55	1,4745	8,9035	0,004
13	1,573	18,55	1,461	9,53	0,004
14	1,573	19,55	1,4469	10,15	0,003
15	1,573	20,55	1,4322	10,769	0,003
16	1,573	21,55	1,4169	11,388	0,003
17	1,573	22,55	1,4013	12,006	0,003
			SC perkerasan		0,163

Tabel 29. Sc akibat timbunan (Hfinal 6 m) (urugan non-standard)

Elevasi Z (m)	γ' (t/m ³)	Titik Tinjau (m)	σ'_o (t/m ²)	$\sigma'_o + \Delta\sigma$ (t/m ²)	σ'_c (t/m ²)	Sc ($\sigma'_o + \Delta\sigma \leq \sigma'_c$) (m)	Sc ($\sigma'_o + \Delta\sigma > \sigma'_c$) (m)	Sc pakai (m)
1	0,646	0,5	0,323	10,579	2,323	0,036	0,207	0,207
2	0,646	1,5	0,969	11,224	2,969	0,032	0,167	0,167
3	0,646	2,5	1,615	11,869	3,615	0,028	0,145	0,145
4	0,646	3,5	2,261	12,511	4,261	0,026	0,129	0,129
5	0,646	4,5	2,907	13,151	4,907	0,024	0,117	0,117
6	0,646	5,5	3,553	13,788	5,553	0,022	0,107	0,107
7	0,646	6,5	4,199	14,421	6,199	0,020	0,098	0,098
8	0,646	7,5	4,845	15,05	6,845	0,019	0,091	0,091
9	0,646	8,5	5,491	15,674	7,491	0,018	0,085	0,085
10	0,646	9,5	6,137	16,293	8,137	0,017	0,080	0,08
11	0,646	10,5	6,783	16,907	8,783	0,016	0,075	0,075
12	0,646	11,5	7,429	17,516	9,429	0,015	0,071	0,071
13	0,634	12,5	8,069	18,113	10,07	0,013	0,063	0,063
14	0,634	13,5	8,703	18,699	10,7	0,012	0,060	0,06
15	0,634	14,5	9,337	19,28	11,34	0,012	0,057	0,057
16	0,634	15,5	9,971	19,855	11,97	0,011	0,054	0,054
17	0,634	16,5	10,605	20,426	12,61	0,011	0,052	0,052
					Sc Total Timbunan			1,66

Tabel 30. Sc akibat perkerasan (H_{final} 6 m) (urugan non-standard)

Elevasi Z (m)	Q asumsi (t/m ²)	Titik Tinjau (m)	$\Delta\sigma$ (t/m ²)	$\sigma'_o + \Delta\sigma$ (t/m ²)	Sc (m)
1	1,573	7,768	1,5611	1,8841	0,042
2	1,573	8,768	1,5565	2,5255	0,023
3	1,573	9,768	1,5509	3,1659	0,016
4	1,573	10,77	1,5443	3,8053	0,012
5	1,573	11,77	1,5367	4,4437	0,01
6	1,573	12,77	1,5282	5,0812	0,009
7	1,573	13,77	1,5186	5,7176	0,007
8	1,573	14,77	1,5082	6,3532	0,006
9	1,573	15,77	1,4968	6,9878	0,006
10	1,573	16,77	1,4846	7,6216	0,005
11	1,573	17,77	1,4717	8,2547	0,005
12	1,573	18,77	1,458	8,887	0,004
13	1,573	19,77	1,4438	9,5128	0,004
14	1,573	20,77	1,4289	10,132	0,003
15	1,573	21,77	1,4136	10,751	0,003
16	1,573	22,77	1,3979	11,369	0,003
17	1,573	23,77	1,3818	11,987	0,003
			SC perkerasan		0,162

Tabel 31. Daya Dukung Tanah pada Timbunan 2,5 m di akhir masa Penimbunan (urugan non-standard)

Kedalaman	Jenis Tanah	Pi (%)	Zigma (kg/cm ²)	Cu baru (kg/cm ²)	Cu baru (kPa)	Cu lama (kPa)	Cu transisi (kPa)
1	1	36,52	0,211	0,101	10,140	5	7,57
2	1	36,52	0,287	0,111	11,144	5	8,07
3	1	36,52	0,355	0,120	12,038	5	8,52
4	1	36,52	0,422	0,129	12,924	5	8,96
5	1	36,52	0,490	0,138	13,817	5	9,41
6	1	36,52	0,558	0,147	14,700	5	9,85
7	1	36,52	0,625	0,156	15,586	5	10,29
8	1	36,52	0,693	0,165	16,475	5	10,74
9	1	36,52	0,760	0,174	17,361	5	11,18
10	1	36,52	0,827	0,182	18,242	5	11,62
11	1	36,52	0,893	0,191	19,112	5	12,06
12	1	36,52	0,958	0,200	19,970	5	12,49
13	2	29,83	1,023	0,219	21,921	6	13,96
14	2	29,83	1,089	0,229	22,853	6	14,43
15	2	29,83	1,155	0,238	23,791	6	14,90
16	2	29,83	1,221	0,247	24,727	6	15,36
17	2	29,83	1,287	0,257	25,662	6	15,83

Tabel 32. Daya Dukung Tanah pada Timbunan 2,5 m di akhir masa Pemampatan (urugan non-standard)

Kedalaman	Jenis Tanah	Pi (%)	Zigma (kg/cm ²)	Cu baru (kg/cm ²)	Cu baru (kPa)	Cu lama (kPa)	Cu transisi (kPa)
1	1	36,52	0,471	0,136	13,559	5	9,28
2	1	36,52	0,535	0,144	14,400	5	9,70
3	1	36,52	0,598	0,152	15,226	5	10,11
4	1	36,52	0,662	0,161	16,070	5	10,54
5	1	36,52	0,727	0,169	16,934	5	10,97
6	1	36,52	0,793	0,178	17,794	5	11,40
7	1	36,52	0,859	0,187	18,659	5	11,83
8	1	36,52	0,925	0,195	19,528	5	12,26
9	1	36,52	0,991	0,204	20,394	5	12,70
10	1	36,52	1,056	0,213	21,256	5	13,13
11	1	36,52	1,121	0,221	22,105	5	13,55
12	1	36,52	1,184	0,229	22,941	5	13,97
13	2	29,83	1,248	0,251	25,109	6	15,55
14	2	29,83	1,311	0,260	26,014	6	16,01
15	2	29,83	1,375	0,269	26,925	6	16,46
16	2	29,83	1,439	0,278	27,831	6	16,92
17	2	29,83	1,503	0,287	28,734	6	17,37

Tabel 33. Daya Dukung Tanah pada Timbunan 3 m di akhir masa Penimbunan (urugan non-standard)

Kedalaman	Jenis Tanah	Pi (%)	Zigma (kg/cm ²)	Cu baru (kg/cm ²)	Cu baru (kPa)	Cu lama (kPa)	Cu transisi (kPa)
1	1	36,52	0,296	0,113	11,255	5	8,13
2	1	36,52	0,371	0,123	12,254	5	8,63
3	1	36,52	0,439	0,131	13,147	5	9,07
4	1	36,52	0,507	0,140	14,033	5	9,52
5	1	36,52	0,575	0,149	14,926	5	9,96
6	1	36,52	0,642	0,158	15,809	5	10,40
7	1	36,52	0,709	0,167	16,693	5	10,85
8	1	36,52	0,777	0,176	17,580	5	11,29
9	1	36,52	0,844	0,185	18,462	5	11,73
10	1	36,52	0,910	0,193	19,340	5	12,17
11	1	36,52	0,976	0,202	20,204	5	12,60
12	1	36,52	1,041	0,211	21,057	5	13,03
13	2	29,83	1,106	0,231	23,089	6	14,54
14	2	29,83	1,171	0,240	24,013	6	15,01
15	2	29,83	1,236	0,249	24,942	6	15,47
16	2	29,83	1,301	0,259	25,869	6	15,93
17	2	29,83	1,366	0,268	26,792	6	16,40

Tabel 34. Daya Dukung Tanah pada Timbunan 3 m di akhir masa Pemampatan (urugan non-standard)

Kedalaman	Jenis Tanah	Pi (%)	Zigma (kg/cm ²)	Cu baru (kg/cm ²)	Cu baru (kPa)	Cu lama (kPa)	Cu transisi (kPa)
1	1	36,52	0,583	0,150	15,032	5	10,02
2	1	36,52	0,646	0,159	15,869	5	10,43
3	1	36,52	0,709	0,167	16,693	5	10,85
4	1	36,52	0,773	0,175	17,536	5	11,27
5	1	36,52	0,839	0,184	18,397	5	11,70
6	1	36,52	0,904	0,193	19,254	5	12,13
7	1	36,52	0,969	0,201	20,115	5	12,56
8	1	36,52	1,035	0,210	20,980	5	12,99
9	1	36,52	1,101	0,218	21,839	5	13,42
10	1	36,52	1,166	0,227	22,693	5	13,85
11	1	36,52	1,229	0,235	23,534	5	14,27
12	1	36,52	1,292	0,244	24,360	5	14,68
13	2	29,83	1,355	0,266	26,631	6	16,32
14	2	29,83	1,418	0,275	27,523	6	16,76
15	2	29,83	1,481	0,284	28,419	6	17,21
16	2	29,83	1,543	0,293	29,311	6	17,66
17	2	29,83	1,606	0,302	30,197	6	18,10

Tabel 35. Daya Dukung Tanah pada Timbunan 4 m di akhir masa Penimbunan (urugan non-standard)

Kedalaman	Jenis Tanah	Pi (%)	Zigma (kg/cm2)	Cu baru (kg/cm2)	Cu baru (kPa)	Cu lama (kPa)	Cu transisi (kPa)
1	1	36,52	0,488	0,138	13,791	5	9,40
2	1	36,52	0,562	0,148	14,758	5	9,88
3	1	36,52	0,629	0,156	15,639	5	10,32
4	1	36,52	0,696	0,165	16,518	5	10,76
5	1	36,52	0,763	0,174	17,404	5	11,20
6	1	36,52	0,830	0,183	18,281	5	11,64
7	1	36,52	0,897	0,192	19,158	5	12,08
8	1	36,52	0,963	0,200	20,037	5	12,52
9	1	36,52	1,030	0,209	20,908	5	12,95
10	1	36,52	1,096	0,218	21,773	5	13,39
11	1	36,52	1,160	0,226	22,623	5	13,81
12	1	36,52	1,224	0,235	23,459	5	14,23
13	2	29,83	1,287	0,257	25,667	6	15,83
14	2	29,83	1,350	0,266	26,569	6	16,28
15	2	29,83	1,414	0,275	27,474	6	16,74
16	2	29,83	1,477	0,284	28,375	6	17,19
17	2	29,83	1,540	0,293	29,272	6	17,64

Tabel 36. Daya Dukung Tanah pada Timbunan 4 m di akhir masa Pemampatan (urugan non-standard)

Kedalaman	Jenis Tanah	Pi (%)	Zigma (kg/cm2)	Cu baru (kg/cm2)	Cu baru (kPa)	Cu lama (kPa)	Cu transisi (kPa)
1	1	36,52	0,797	0,178	17,847	5	11,42
2	1	36,52	0,860	0,187	18,678	5	11,84
3	1	36,52	0,923	0,195	19,499	5	12,25
4	1	36,52	0,986	0,203	20,338	5	12,67
5	1	36,52	1,052	0,212	21,194	5	13,10
6	1	36,52	1,116	0,220	22,044	5	13,52
7	1	36,52	1,181	0,229	22,896	5	13,95
8	1	36,52	1,246	0,237	23,748	5	14,37
9	1	36,52	1,310	0,246	24,593	5	14,80
10	1	36,52	1,374	0,254	25,430	5	15,21
11	1	36,52	1,436	0,262	26,250	5	15,62
12	1	36,52	1,497	0,271	27,053	5	16,03
13	2	29,83	1,558	0,295	29,516	6	17,76
14	2	29,83	1,618	0,304	30,377	6	18,19
15	2	29,83	1,679	0,312	31,241	6	18,62
16	2	29,83	1,739	0,321	32,098	6	19,05
17	2	29,83	1,799	0,329	32,948	6	19,47

Tabel 37. Daya Dukung Tanah pada Timbunan 5 m di akhir masa Penimbunan (urugan non-standard)

Kedalaman	Jenis Tanah	Pi (%)	Zigma (kg/cm ²)	Cu baru (kg/cm ²)	Cu baru (kPa)	Cu lama (kPa)	Cu transisi (kPa)
1	1	36,52	0,700	0,166	16,579	5	10,79
2	1	36,52	0,771	0,175	17,507	5	11,25
3	1	36,52	0,837	0,184	18,373	5	11,69
4	1	36,52	0,903	0,192	19,240	5	12,12
5	1	36,52	0,970	0,201	20,117	5	12,56
6	1	36,52	1,036	0,210	20,984	5	12,99
7	1	36,52	1,101	0,218	21,849	5	13,42
8	1	36,52	1,167	0,227	22,714	5	13,86
9	1	36,52	1,232	0,236	23,570	5	14,28
10	1	36,52	1,297	0,244	24,416	5	14,71
11	1	36,52	1,360	0,252	25,246	5	15,12
12	1	36,52	1,421	0,261	26,058	5	15,53
13	2	29,83	1,483	0,284	28,450	6	17,22
14	2	29,83	1,544	0,293	29,321	6	17,66
15	2	29,83	1,605	0,302	30,195	6	18,10
16	2	29,83	1,666	0,311	31,061	6	18,53
17	2	29,83	1,727	0,319	31,922	6	18,96

Tabel 38. Daya Dukung Tanah pada Timbunan 5 m di akhir masa Pemampatan (urugan non-standard)

Kedalaman	Jenis Tanah	Pi (%)	Zigma (kg/cm ²)	Cu baru (kg/cm ²)	Cu baru (kPa)	Cu lama (kPa)	Cu transisi (kPa)
1	1	36,52	1,004	0,206	20,571	5	12,79
2	1	36,52	1,067	0,214	21,397	5	13,20
3	1	36,52	1,129	0,222	22,215	5	13,61
4	1	36,52	1,193	0,230	23,050	5	14,02
5	1	36,52	1,257	0,239	23,900	5	14,45
6	1	36,52	1,321	0,247	24,741	5	14,87
7	1	36,52	1,385	0,256	25,580	5	15,29
8	1	36,52	1,449	0,264	26,417	5	15,71
9	1	36,52	1,512	0,272	27,243	5	16,12
10	1	36,52	1,574	0,281	28,058	5	16,53
11	1	36,52	1,634	0,289	28,852	5	16,93
12	1	36,52	1,693	0,296	29,627	5	17,31
13	2	29,83	1,751	0,323	32,266	6	19,13
14	2	29,83	1,809	0,331	33,092	6	19,55
15	2	29,83	1,867	0,339	33,917	6	19,96
16	2	29,83	1,925	0,347	34,733	6	20,37
17	2	29,83	1,982	0,355	35,542	6	20,77

Tabel 39. Daya Dukung Tanah pada Timbunan 6 m di akhir masa
Penimbunan (urugan non-standard)

Kedalaman	Jenis Tanah	Pi (%)	Zigma (kg/cm ²)	Cu baru (kg/cm ²)	Cu baru (kPa)	Cu lama (kPa)	Cu transisi (kPa)
1	1	36,52	0,834	0,183	18,339	5	11,67
2	1	36,52	0,904	0,193	19,250	5	12,13
3	1	36,52	0,969	0,201	20,108	5	12,55
4	1	36,52	1,034	0,210	20,969	5	12,98
5	1	36,52	1,101	0,218	21,840	5	13,42
6	1	36,52	1,166	0,227	22,699	5	13,85
7	1	36,52	1,231	0,236	23,555	5	14,28
8	1	36,52	1,296	0,244	24,408	5	14,70
9	1	36,52	1,360	0,253	25,251	5	15,13
10	1	36,52	1,423	0,261	26,082	5	15,54
11	1	36,52	1,485	0,269	26,893	5	15,95
12	1	36,52	1,545	0,277	27,687	5	16,34
13	2	29,83	1,605	0,302	30,188	6	18,09
14	2	29,83	1,665	0,310	31,035	6	18,52
15	2	29,83	1,724	0,319	31,883	6	18,94
16	2	29,83	1,783	0,327	32,724	6	19,36
17	2	29,83	1,842	0,336	33,557	6	19,78

Tabel 40. Daya Dukung Tanah pada Timbunan 5 m di akhir masa
Pemampatan (urugan non-standard)

Kedalaman	Jenis Tanah	Pi (%)	Zigma (kg/cm ²)	Cu baru (kg/cm ²)	Cu baru (kPa)	Cu lama (kPa)	Cu transisi (kPa)
1	1	36,52	1,201	0,232	23,153	5	14,08
2	1	36,52	1,263	0,240	23,977	5	14,49
3	1	36,52	1,325	0,248	24,792	5	14,90
4	1	36,52	1,388	0,256	25,622	5	15,31
5	1	36,52	1,452	0,265	26,463	5	15,73
6	1	36,52	1,515	0,273	27,292	5	16,15
7	1	36,52	1,578	0,281	28,115	5	16,56
8	1	36,52	1,640	0,289	28,931	5	16,97
9	1	36,52	1,701	0,297	29,732	5	17,37
10	1	36,52	1,761	0,305	30,518	5	17,76
11	1	36,52	1,819	0,313	31,279	5	18,14
12	1	36,52	1,875	0,320	32,019	5	18,51
13	2	29,83	1,930	0,348	34,811	6	20,41
14	2	29,83	1,985	0,356	35,592	6	20,80
15	2	29,83	2,040	0,364	36,371	6	21,19
16	2	29,83	2,094	0,371	37,141	6	21,57
17	2	29,83	2,147	0,379	37,901	6	21,95

Tabel 41. Kebutuhan jumlah Geotekstil H final 2,5 m (urugan standard)

Percobaan	SF	Circle center		R	M res (KN.m)	M dorong	M res perlu	delta M	Jumlah Geotekstile	M res kumulatif
		x	y							
1	1,154	20,1	23,5	7,725	1191	1032,1	1290,1	99,1	1	104,803
2	1,184	21,9	22,5	5,74	745	629,2	786,5	41,5	1	74,85926
3	1,148	21,6	23,3	7,048	1077	938,2	1172,7	95,7	1	98,81423

Tabel 42. Kebutuhan panjang Geotekstil H final 2,5 m (urugan standard)

Lapis	h	τ_1	τ_2	Le (m)	Lo (m)	Lr (m)	L (m)	L pakai (m)	Panjang geotextile
1	2,50	25,99341	5,00	1,48	1	11,25	11,25	65	65

Tabel 43. Kebutuhan jumlah Geotekstil H final 3 m (urugan standard)

Percobaan	SF	Circle center		R	M res (KN.m)	M dorong	M res perlu	delta M	Jumlah Geotekstile	M res kumulatif
		x	y							
1	1,077	20,5	23,5	7,5	1329	1234,0	1542,5	213,5	3	291,9511
2	1,114	21,3	23	7	1261	1132,0	1414,9	153,9	2	172,1763
3	1,082	19,25	23,75	8,25	1493	1379,9	1724,8	231,8	3	314,4089

Tabel 44. Kebutuhan panjang Geotekstil H final 3 m (urugan standard)

Lapis	h	τ_1	τ_2	Le (m)	Lo (m)	Lr (m)	L (m)	L pakai (m)	Panjang geotextile
1	3,00	31,19209	5,00	1,27	1	8,35	10,62	66	66
2	2,75	28,59275	28,59	0,80	1	8,29	10,09084	10,5	87
3	2,50	25,99341	25,99	0,88	1	8,24	10,12092	10,5	108

Tabel 45. Kebutuhan jumlah Geotekstil H final 4 m (urugan standard)

Percobaan	SF	Circle center		R	M res (KN.m)	M dorong	M res perlu	delta M	Jumlah Geotekstile	M res kumulatif
		x	y							
1	0,941	20,2	24	7,33	1418	1506,9	1883,6	465,6	5	524,0149
2	0,987	18,25	24	7,07	1113	1127,7	1409,6	296,6	3	336,8667
3	1,024	18,25	24	6,79	1016	992,2	1240,2	224,2	2	232,0637

Tabel 46. Kebutuhan panjang Geotekstil H final 4 m (urugan standard)

Lapis	h	τ_1	τ_2	Le (m)	Lo (m)	Lr (m)	L (m)	L pakai (m)	Panjang geotextile kumulatif (m)
1	4,00	41,59	5,00	0,98	1	9,55	11,53	68	68
2	3,75	38,99	38,99	0,59	1	9,49	11,07728	11,5	91
3	3,50	36,39	36,39	0,63	1	9,44	11,06923	11,5	114
4	3,25	33,79	33,79	0,68	1	9,37	11,04763	11,5	137
5	3	31,19	31,19	0,73	1	9,29	11,0241	11,5	160

Tabel 47. Kebutuhan jumlah Geotekstil H final 5 m (urugan standard)

Percobaan	SF	Circle center		R	M res (KN.m)	M dorong	M res perlu	delta M	Jumlah Geotekstile	M res kumulatif
		x	y							
1	0,894	19,6	25	8,77	2376	2657,7	3322,1	946,1	8	988,1423
2	0,91	15,4	25	9,6	2186	2402,2	3002,7	816,7	7	890,8252
3	0,927	17,5	25	7,84	1587	1712,0	2140,0	553,0	4	553,9586

Tabel 48. Kebutuhan panjang Geotekstil H final 5 m (urugan standard)

Lapis	h	τ_1	τ_2	Le (m)	Lo (m)	Lr (m)	L (m)	L pakai (m)	Panjang geotextile kumulatif (m)
1	5,00	51,99	5,00	0,80	1	12,8	13,85	70	70
2	4,75	49,39	49,39	0,46	1	12,74	13,45	13,5	97
3	4,50	46,79	46,79	0,49	1	12,69	13,43	13,5	124
4	4,25	44,19	44,19	0,52	1	12,62	13,39	13,5	151
5	4	41,59	41,59	0,55	1	12,54	13,34	13,5	178
6	3,75	38,99	38,99	0,59	1	12,48	13,32	13,5	205
7	3,5	36,39	36,39	0,63	1	12,39	13,27	13,5	232
8	3,25	33,79	33,79	0,68	1	12,32	13,25	13,5	259

Tabel 49. Kebutuhan jumlah Geotekstil H final 6 m (urugan standard)

Percobaan	SF	Circle center		R	M res (KN.m)	M dorong	M res perlu	delta M	Jumlah Geotekstile	M res kumulatif
		x	y							
1	0,823	16,25	26	9,66	2709	3291,6	4114,5	1405,5	10	1459,756
2	0,865	13,4	26	11,126	3150	3641,6	4552,0	1402,0	10	1459,756
3	0,912	13,4	26	10,626	2827	3099,8	3874,7	1047,7	7	1100,431

Tabel 50. Kebutuhan panjang Geotekstil H final 6 m (urugan standard)

Lapis	h	τ_1	τ_2	Le (m)	Lo (m)	Lr (m)	L (m)	L pakai (m)	Panjang geotextile kumulatif (m)
1	6,00	62,38	5,00	0,68	1	11,05	12,73	72	72
2	5,75	59,78	59,78	0,38	1	10,99	12,37	12,5	97
3	5,50	57,19	57,19	0,40	1	10,94	12,34	12,5	122
4	5,25	54,59	54,59	0,42	1	10,87	12,29	12,5	147
5	5	51,99	51,99	0,44	1	10,79	12,23	12,5	172
6	4,75	49,39	49,39	0,46	1	10,73	12,19	12,5	197
7	4,5	46,79	46,79	0,49	1	10,64	12,13	12,5	222
8	4,25	44,19	44,19	0,52	1	10,57	12,09	12,5	247
9	4	41,59	41,59	0,55	1	10,48	12,03	12,5	272
10	3,75	38,99	38,99	0,59	1	10,44	12,03	12,5	297

Tabel 57. Kebutuhan Geotekstil akibat *Internal Stability* (urugan non-standard)

tinggi timbunan akhir (m)	γ' (t/m ³)	q (t/m ²)	ka	Pa (ton)	S1/SF	jumlah geotekstil	Panjang geo (m)
2,5	0,71672	1	1	0,36475	1,50	1	70
3	0,71672	1	1	0,97524	1,50	1	72
4	0,71672	1	1	2,73376	1,50	2	88,5
5	0,71672	1	1	5,209	1,50	4	116,5
6	0,71672	1	1	8,40096	1,50	6	151,5
7	0,71672	1	1	12,30964	1,50	9	204,5

Tabel 58. Cek Kekuatan Bahan Terhadap *Foundation Stability* (urugan non-standard)

tinggi timbunan akhir (m)	Cu lama (Kpa)	Cu transisi (Kpa)	Cu baru (Kpa)	Kedalaman tanah dasar (m)	Pa (ton)	Pp (ton)	Cu x L x 2	S1 (ton)	condition
2,5	5	9,25	13,5	12	39,219	58,512	9,25	2,99	TRUE
3	5	10	15	12	39,5108	58,512	12	2,99	TRUE
4	5	11,4	17,8	12	40,2944	58,512	18,24	2,99	TRUE
5	5	12,8	20,6	12	41,078	58,512	25,6	2,99	TRUE
6	5	14,05	23,1	12	42,1616	58,512	33,72	2,99	TRUE
7	5	15,4	25,8	12	43,0452	58,512	43,12	2,99	TRUE



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Indrasurya B. M., M.Sc, Ph.D

Trihanyndio Rendy S., S.T, M.T

JUDUL TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN PERENCANAAN
JALAN DENGAN URUGAN STANDARD
DAN NON-STANDARD DI OERR
(OUTER EAST RING ROAD), SURABAYA

NAMA MAHASISWA

Wilbert Yungnata

NRP

03111440000111

JUDUL GAMBAR

PERKUATAN TIMBUNAN
2,5 METER
(URUGAN STANDARD)

NO. GMB

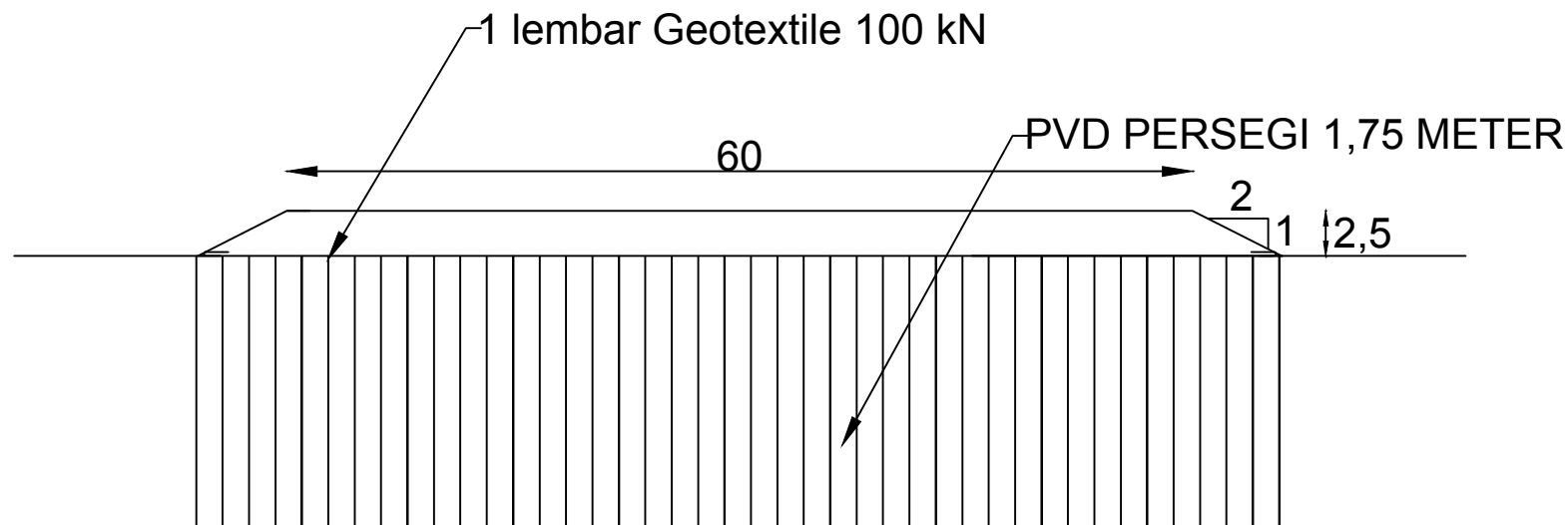
SKALA

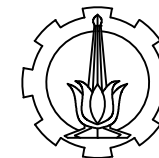
KODE GMB

2

1:500

GEO





DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Indrasurya B. M., M.Sc, Ph.D

Trihanyndio Rendy S., S.T, M.T

JUDUL TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN PERENCANAAN
JALAN DENGAN URUGAN STANDARD
DAN NON-STANDARD DI OERR
(OUTER EAST RING ROAD), SURABAYA

NAMA MAHASISWA

Wilbert Yungnata

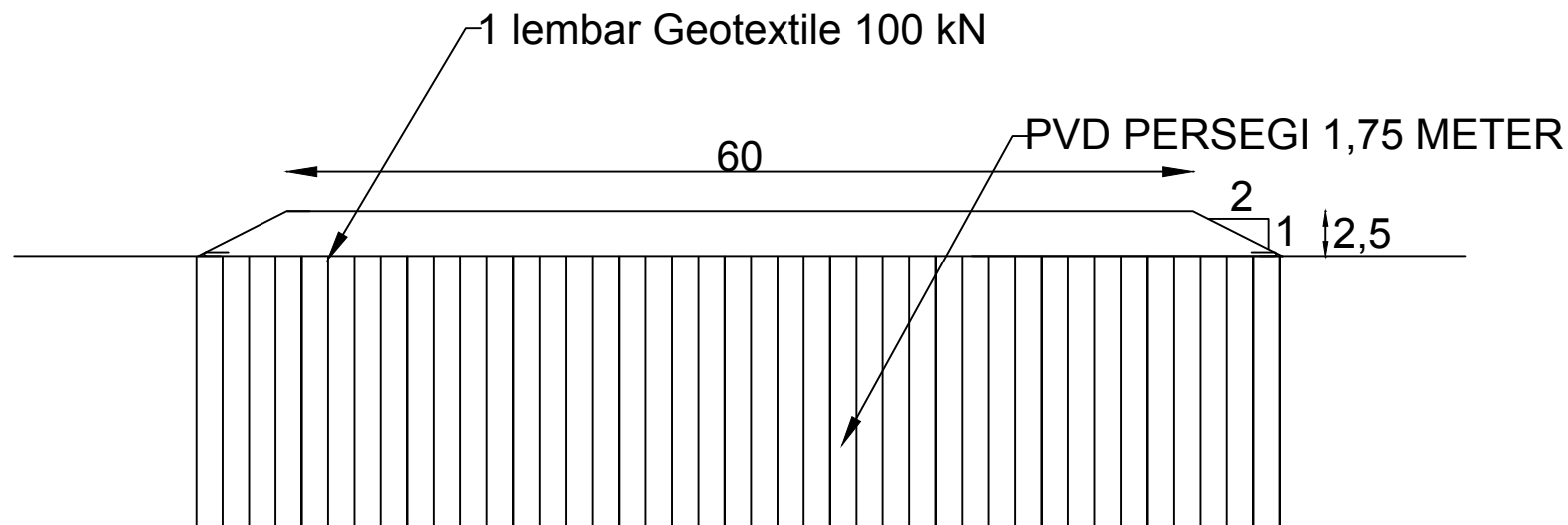
NRP

03111440000111

JUDUL GAMBAR

PERKUATAN TIMBUNAN
2,5 METER
(URUGAN NON-STANDARD)

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
2	1:500	GEO





DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Indrasurya B. M., M.Sc, Ph.D

Trihanyndio Rendy S., S.T, M.T

JUDUL TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN PERENCANAAN
JALAN DENGAN URUGAN STANDARD
DAN NON-STANDARD DI OERR
(OUTER EAST RING ROAD), SURABAYA

NAMA MAHASISWA

Wilbert Yungnata

NRP

03111440000111

JUDUL GAMBAR

PERKUATAN TIMBUNAN
3 METER
(URUGAN STANDARD)

NO. GMB

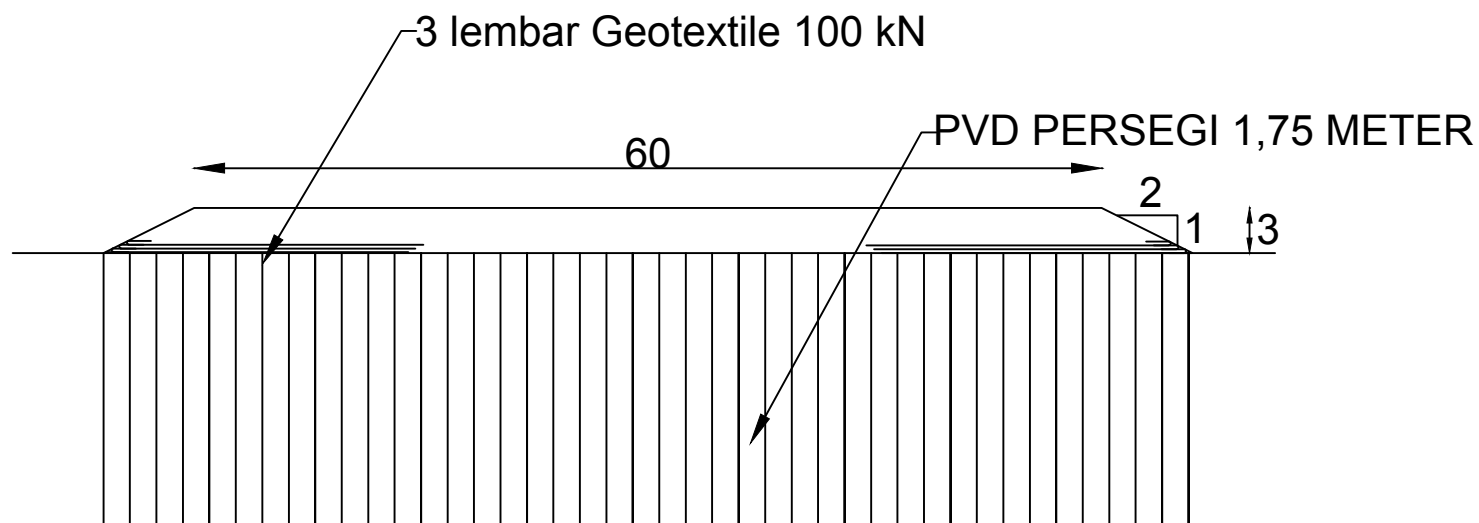
SKALA

KODE GMB

3

1:500

GEO





DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Indrasurya B. M., M.Sc, Ph.D

Trihanyndio Rendy S., S.T, M.T

JUDUL TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN PERENCANAAN
JALAN DENGAN URUGAN STANDARD
DAN NON-STANDARD DI OERR
(OUTER EAST RING ROAD), SURABAYA

NAMA MAHASISWA

Wilbert Yungnata

NRP

03111440000111

JUDUL GAMBAR

PERKUATAN TIMBUNAN
3 METER
(URUGAN NON-STANDARD)

NO. GMB

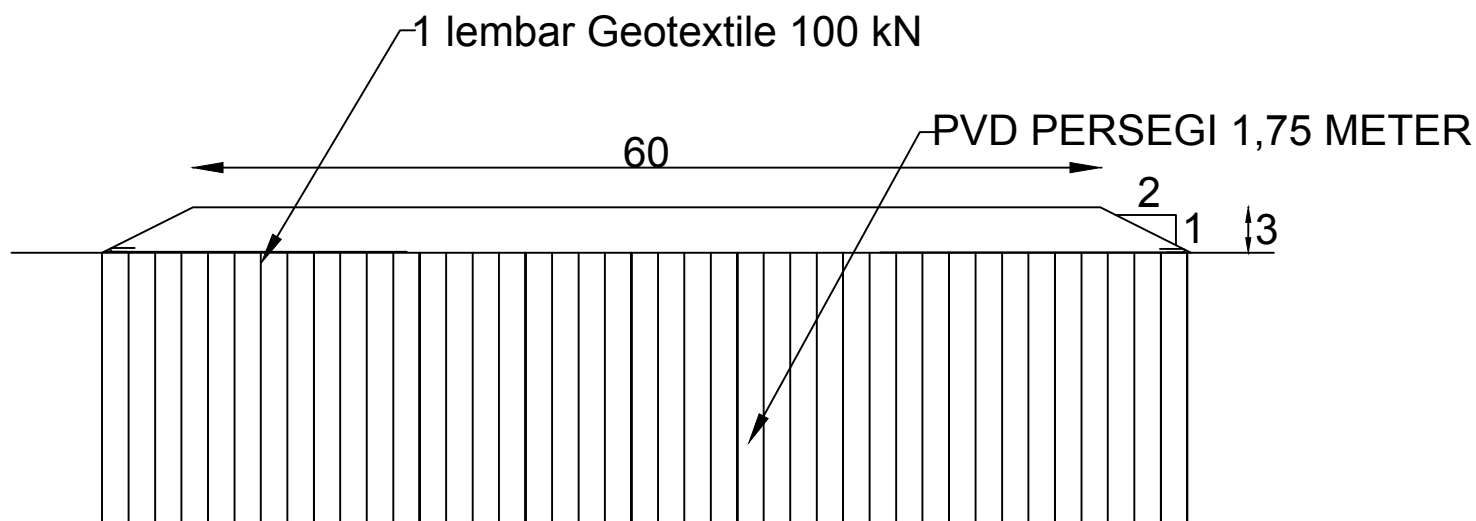
SKALA

KODE GMB

3

1:500

GEO





DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Indrasurya B. M., M.Sc, Ph.D

Trihanyndio Rendy S., S.T, M.T

JUDUL TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN PERENCANAAN
JALAN DENGAN URUGAN STANDARD
DAN NON-STANDARD DI OERR
(OUTER EAST RING ROAD), SURABAYA

NAMA MAHASISWA

Wilbert Yungnata

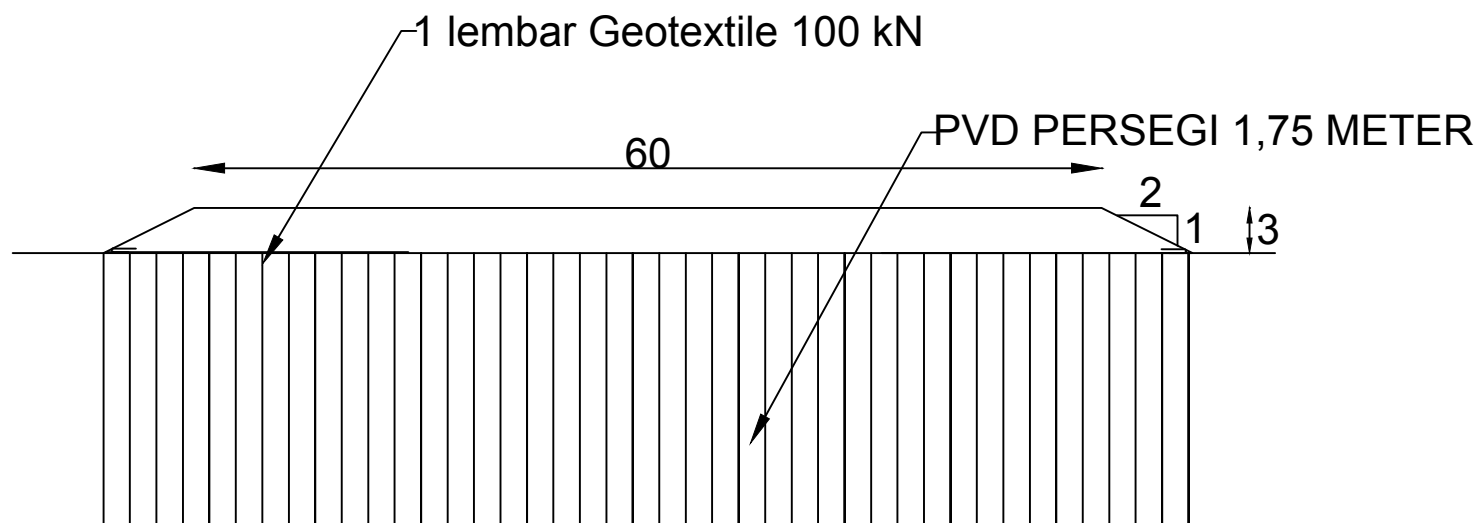
NRP

03111440000111

JUDUL GAMBAR

PERKUATAN TIMBUNAN
3 METER
(URUGAN NON-STANDARD)

NO. GMB	SKALA	KODE GMB
3	1:500	GEO



1 lembar Geotextile 100 kN



DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Indrasurya B. M., M.Sc, Ph.D

Trihanyndio Rendy S., S.T, M.T

JUDUL TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN PERENCANAAN
JALAN DENGAN URUGAN STANDARD
DAN NON-STANDARD DI OERR
(OUTER EAST RING ROAD), SURABAYA

NAMA MAHASISWA

Wilbert Yungnata

NRP

03111440000111

JUDUL GAMBAR

PERKUATAN TIMBUNAN
4 METER
(URUGAN STANDARD)

NO. GMB

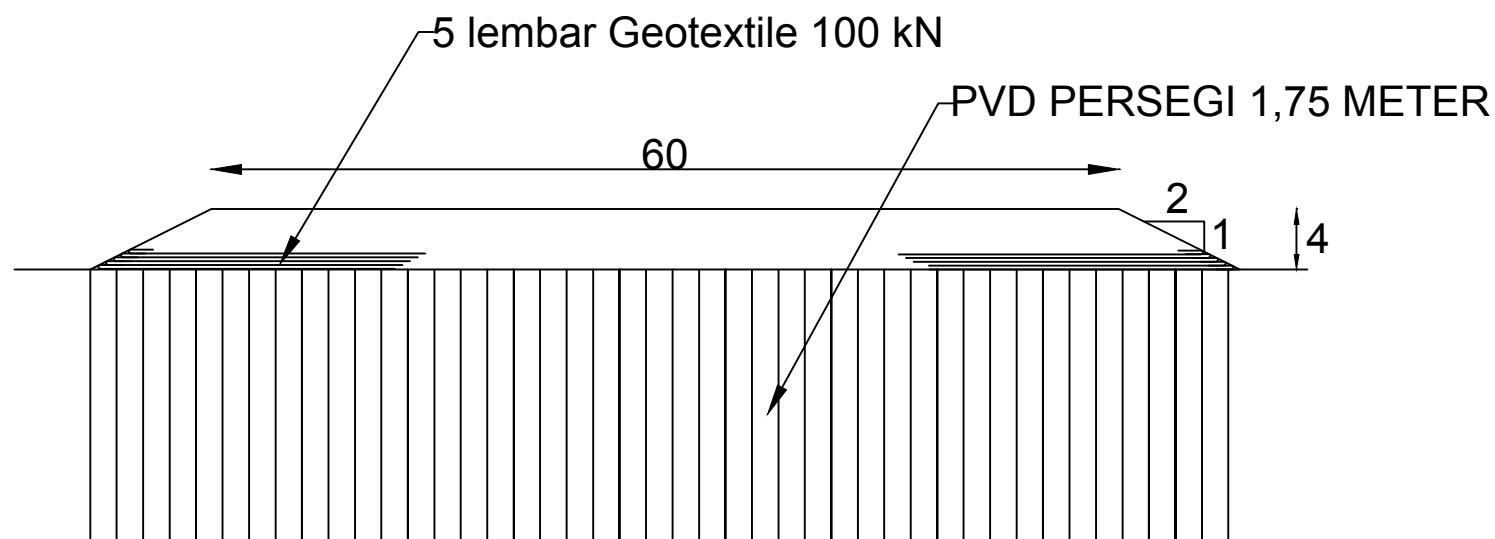
SKALA

KODE GMB

4

1:500

GEO





DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Indrasurya B. M., M.Sc, Ph.D

Trihanyndio Rendy S., S.T, M.T

JUDUL TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN PERENCANAAN
JALAN DENGAN URUGAN STANDARD
DAN NON-STANDARD DI OERR
(OUTER EAST RING ROAD), SURABAYA

NAMA MAHASISWA

Wilbert Yungnata

NRP

03111440000111

JUDUL GAMBAR

PERKUATAN TIMBUNAN
4 METER
(URUGAN NON-STANDARD)

NO. GMB

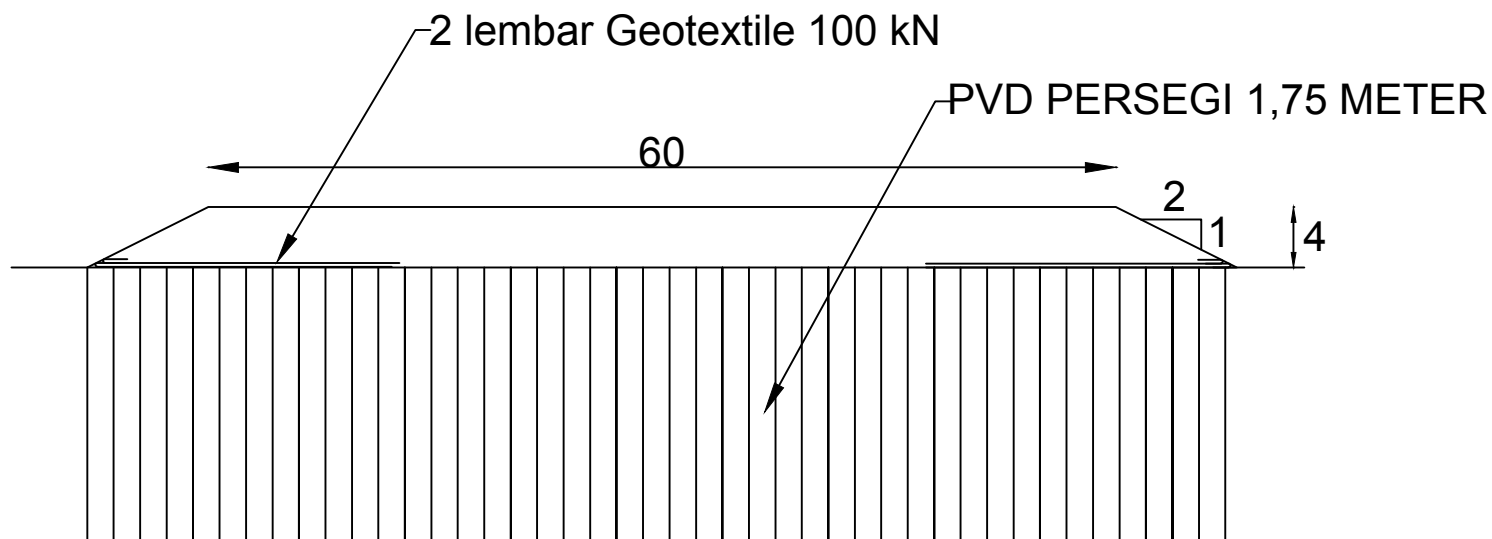
SKALA

KODE GMB

4

1:500

GEO





DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Indrasurya B. M., M.Sc, Ph.D

Trihanyndio Rendy S., S.T, M.T

JUDUL TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN PERENCANAAN
JALAN DENGAN URUGAN STANDARD
DAN NON-STANDARD DI OERR
(OUTER EAST RING ROAD), SURABAYA

NAMA MAHASISWA

Wilbert Yungnata

NRP

03111440000111

JUDUL GAMBAR

PERKUATAN TIMBUNAN
5 METER
(URUGAN STANDARD)

NO. GMB

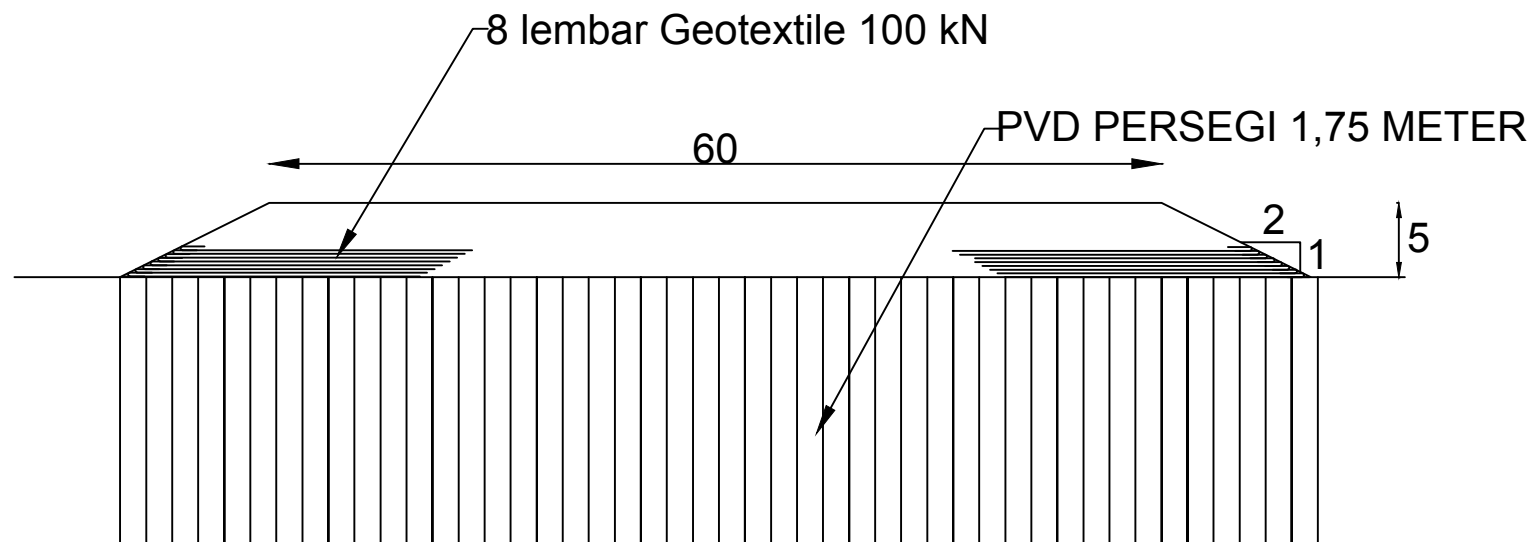
SKALA

KODE GMB

5

1:500

GEO





DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Indrasurya B. M., M.Sc, Ph.D

Trihanyndio Rendy S., S.T, M.T

JUDUL TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN PERENCANAAN
JALAN DENGAN URUGAN STANDARD
DAN NON-STANDARD DI OERR
(OUTER EAST RING ROAD), SURABAYA

NAMA MAHASISWA

Wilbert Yungnata

NRP

03111440000111

JUDUL GAMBAR

PERKUATAN TIMBUNAN
5 METER
(URUGAN NON-STANDARD)

NO. GMB

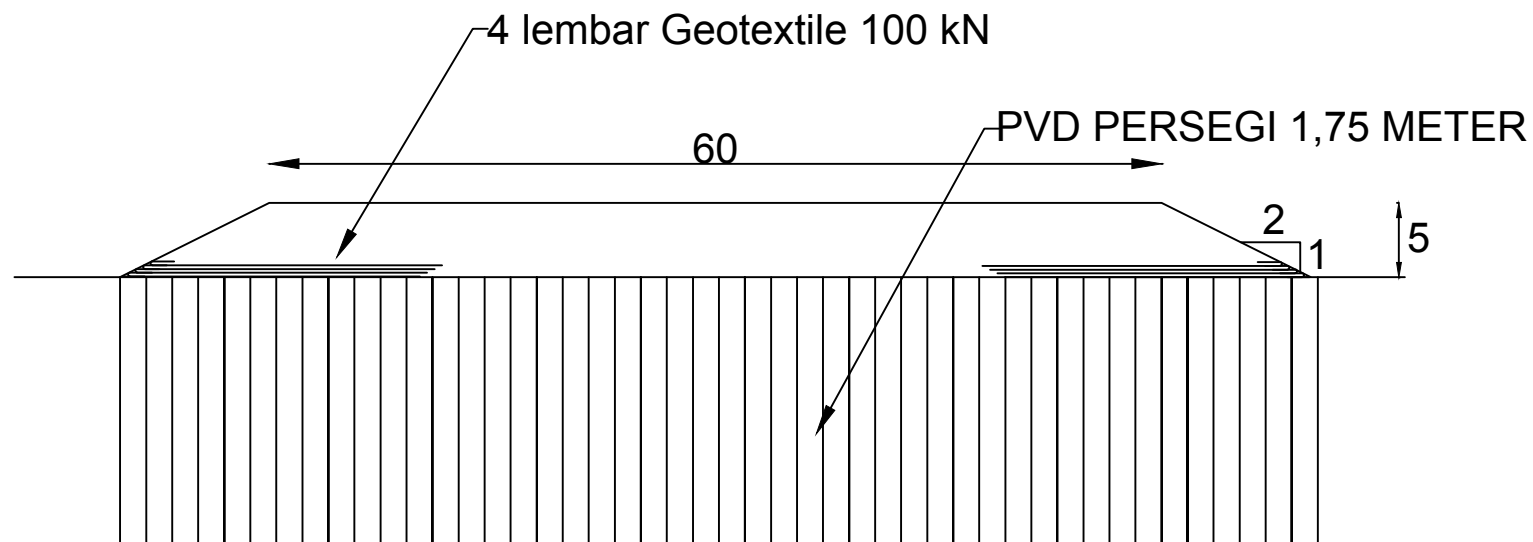
SKALA

KODE GMB

5

1:500

GEO





DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Indrasurya B. M., M.Sc, Ph.D

Trihanyndio Rendy S., S.T, M.T

JUDUL TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN PERENCANAAN
JALAN DENGAN URUGAN STANDARD
DAN NON-STANDARD DI OERR
(OUTER EAST RING ROAD), SURABAYA

NAMA MAHASISWA

Wilbert Yungnata

NRP

03111440000111

JUDUL GAMBAR

PERKUATAN TIMBUNAN
6 METER
(URUGAN STANDARD)

NO. GMB

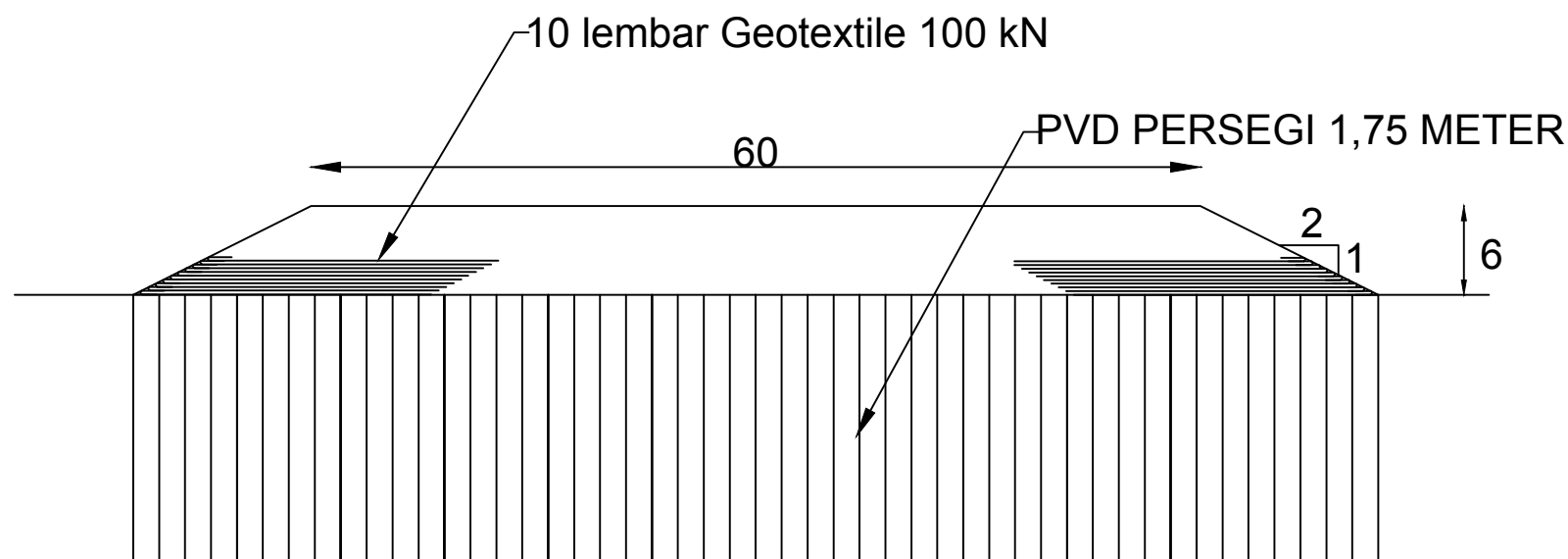
SKALA

KODE GMB

6

1:500

GEO





DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Indrasurya B. M., M.Sc, Ph.D

Trihanyndio Rendy S., S.T, M.T

JUDUL TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN PERENCANAAN
JALAN DENGAN URUGAN STANDARD
DAN NON-STANDARD DI OERR
(OUTER EAST RING ROAD), SURABAYA

NAMA MAHASISWA

Wilbert Yungnata

NRP

03111440000111

JUDUL GAMBAR

PERKUATAN TIMBUNAN
6 METER
(URUGAN NON-STANDARD)

NO. GMB

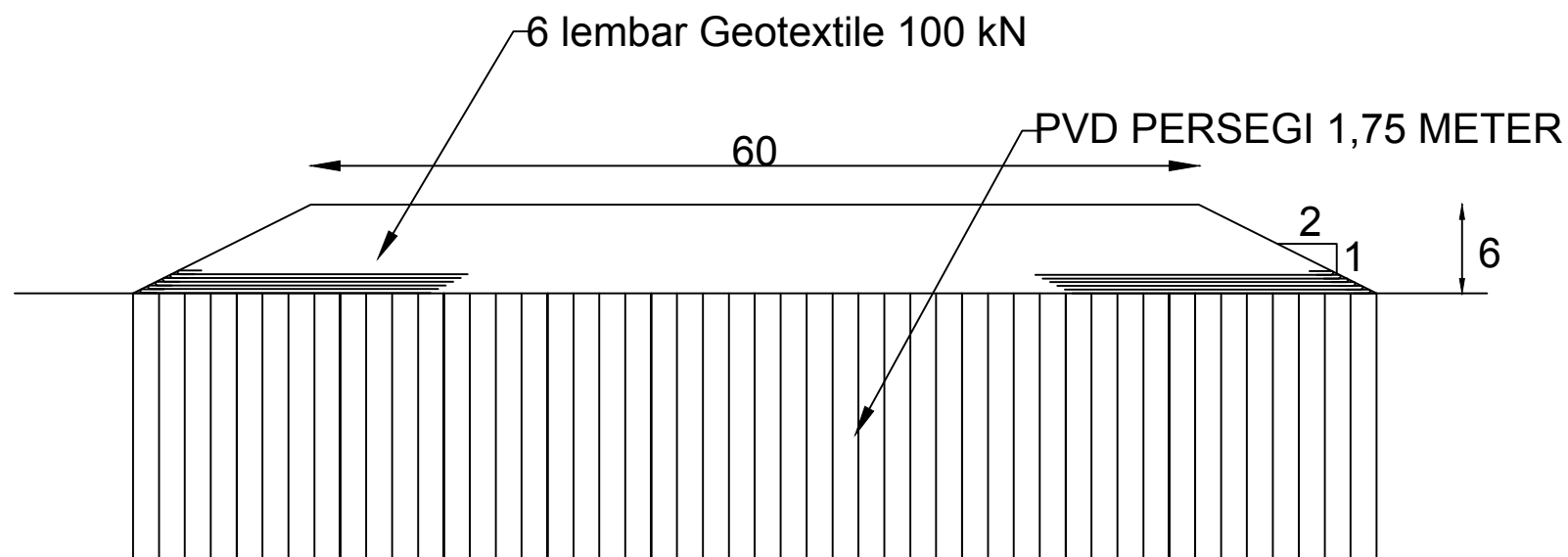
SKALA

KODE GMB

6

1:500

GEO





DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Indrasurya B. M., M.Sc, Ph.D

Trihanyndio Rendy S., S.T, M.T

JUDUL TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN PERENCANAAN
JALAN DENGAN URUGAN STANDARD
DAN NON-STANDARD DI OERR
(OUTER EAST RING ROAD), SURABAYA

NAMA MAHASISWA

Wilbert Yungnata

NRP

03111440000111

JUDUL GAMBAR

PERKUATAN TIMBUNAN
7 METER
(URUGAN STANDARD)

NO. GMB

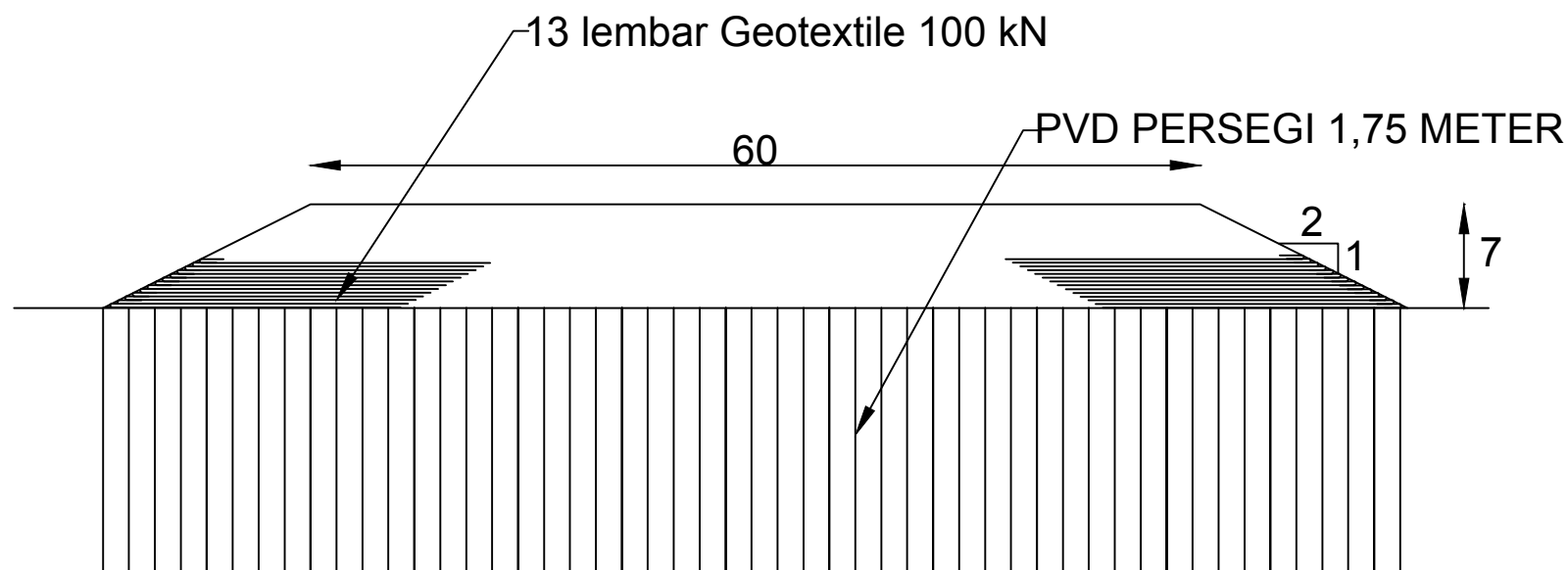
SKALA

KODE GMB

7

1:500

GEO





DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Indrasurya B. M., M.Sc, Ph.D

Trihanyndio Rendy S., S.T, M.T

JUDUL TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN PERENCANAAN
JALAN DENGAN URUGAN STANDARD
DAN NON-STANDARD DI OERR
(OUTER EAST RING ROAD), SURABAYA

NAMA MAHASISWA

Wilbert Yungnata

NRP

03111440000111

JUDUL GAMBAR

PERKUATAN TIMBUNAN
7 METER
(URUGAN NON-STANDARD)

NO. GMB

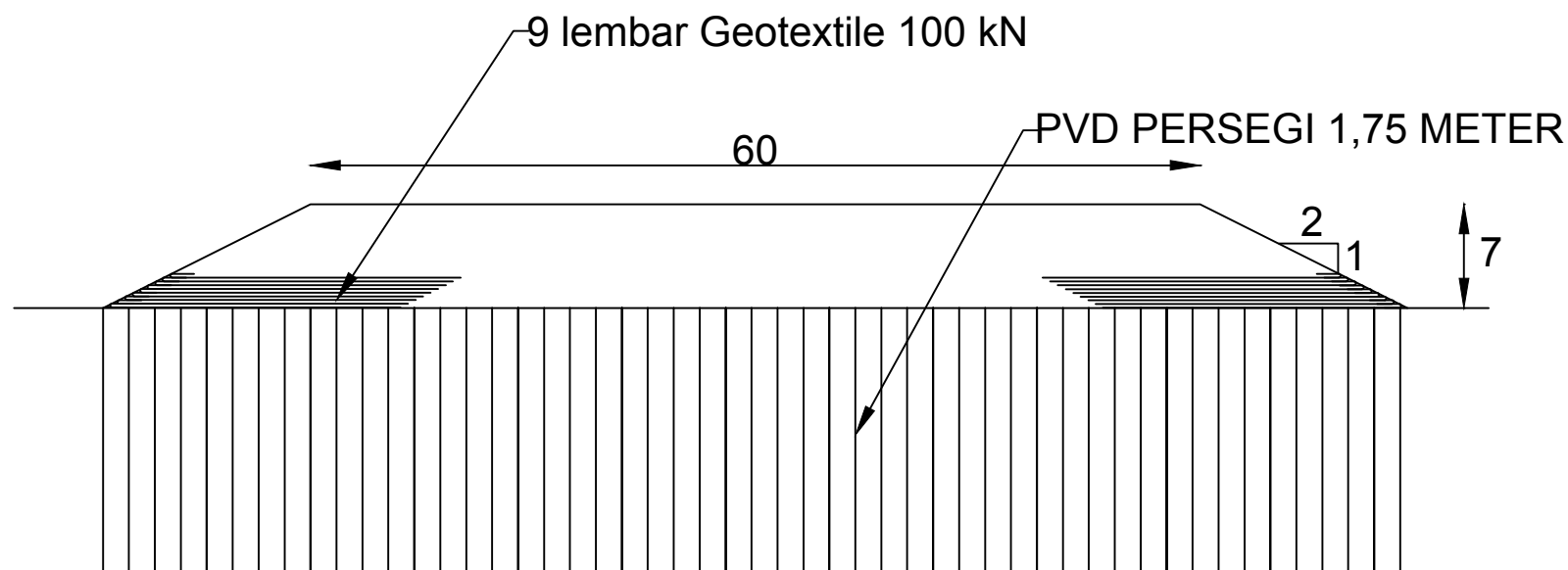
SKALA

KODE GMB

7

1:500

GEO



BIODATA PENULIS



Penulis yang bernama lengkap Wilbert Yungnata dilahirkan di Banda Aceh pada tanggal 17 Mei 1996. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Kristen Methodist Banda Aceh, SMP Kristen Gloria 1 Surabaya, SMA Kristen Gloria 1 Surabaya, kemudian melanjutkan pendidikan program sarjana (S1) di Jurusan Teknik Sipil ITS pada tahun 2014 melalui Program

Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri dan terdaftar dengan NRP 3114100111. Gelar Sarjana Teknik diperoleh penulis pada tahun 2018 dengan judul Tugas Akhir. *“Perbandingan Perencanaan Jalan Dengan Urugan Tanah Standard Dan Non-Standard Di OERR (Outer East Ring Road), Surabaya”*.

Email : wilbertyungnata7@gmail.com